

**Experimentelle Untersuchungen zu Grundsatzfragen
kurz- und langfristiger Temperatureinwirkungen
auf Karpfen (*Cyprinus carpio* L.)**

von

Hans-Bernd Schmeller
aus Leipzig

1969 № 3 15

Experimentelle Untersuchungen zu Grundsatzfragen
kurz- und langfristiger Temperatureinwirkungen
auf Karpfen (*Cyprinus carpio* L.)

Der Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
zur
Erlangung des Doktorgrades



vorgelegt
von
Hans-Bernd Schmeller
aus
Leipzig

Als Dissertation genehmigt von der
Naturwissenschaftlichen Fakultät der
Universität Erlangen-Nürnberg



Tag der mündlichen Prüfung:	23. Juli 1969
Dekan:	Prof. Dr. H. Wegener
Erstberichterstatter:	Prof. Dr. W. Wunder
Zweitberichterstatter:	Prof. Dr. R. Siewing

INHALTSVERZEICHNIS

A	Einleitung	4
B	Überblick über den Verlauf der Arbeit	5
C	Material, Methode, Schwierigkeiten	7
D	Literatur	10
E	Versuche und Beobachtungen	13
	I. Anfangsversuche	13
	II. Beobachtungen über verzögerte Fischsterben	18
	III. Versuchsreihen in einem Kühlraum	21
	IV. Dauerkälteversuche in gekühlten Styroporkästen	29
	V. Versuche mit schwankenden Temperaturen	47
	VI. Extreme Hitzeversuche	51
	VII. Nebenversuche	57
	VIII. Arbeit in Verbindung mit der Praxis	58
F	Diskussion	59
	I. Die Sterblichkeitskurven	59
	II. Einteilung der Temperatureinwirkung nach der Zeit	67
	III. Anwendung der experimentellen Befunde	70
	IV. Kritik der Versuche und weitere Versuchsmöglichkeiten	74
G	Zusammenfassung	75
H	Literaturverzeichnis	78

A Einleitung

=====

Temperaturen sind für die Fischerei von Bedeutung. Sie bestimmen Entwicklung und Wachstum der Fische und beeinträchtigen deren Lebensfähigkeit im unteren und oberen Grenzbereich. Für die Praxis sind Schäden durch strenge Winter wesentlicher als solche, die bei hohen Temperaturen auftreten. Gleichzeitig mit den Temperaturen wirken aber noch individuelle Faktoren und andere äußere Einflüsse mit, so daß das Schädigungsbild oft nicht einheitlich und schwer zu fassen ist. Eine zusätzliche Schwierigkeit ist durch die zeitliche Differenz zwischen der Einwirkung schädigender Faktoren und dem Auftreten der Schädigung selbst gegeben.

Von der Praxis werden exakte Aussagen über Temperatureinflüsse auf Fische verlangt, um Schäden zu verhindern bzw. zu beurteilen. Die vorliegenden Untersuchungen hatten die Aufgabe, eine Vielzahl von Erscheinungsbildern zu ordnen und kausal Grundlagen zu deren Klärung zu erarbeiten. Die Ergebnisse stützen sich auf kurz- und langfristige Experimente mit konstanten und schwankenden Temperaturen in Verbindung mit der Kenntnis der Praxis.

Für die Überlassung des Themas und die wissenschaftliche Anleitung danke ich meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. W. Wunder, für die Überlassung des Arbeitsplatzes Herrn Prof. Dr. R. Siewing und Herrn Prof. Dr. H.-J. Stammer. Weiterhin bin ich zu Dank verpflichtet Herrn Dir. H. Paul, der mir einen Kühlraum der Firma Linde zur Verfügung stellte, Herrn P. Oberle, in dessen Winterungen Versuche liefen und für technische Hilfe Frau R. Seel, Herrn G. Dörfler, Herrn S. Heyder und Herrn H. Thomas. Die Arbeit wurde mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt.

B Überblick über den Verlauf der Arbeit

Die Arbeit ging davon aus, analog zu den beim Einfließen von Öl in eine Winterung beobachteten Schädigungen an einsömrrigen Karpfen (WUNDER 1964c) Blutergüsse experimentell durch kurzfristige Einwirkung von Kälte und Öl zu erzeugen. Die schädigenden Einflüsse, die sonst meistens in Letalitätsgrenzen erfaßt wurden (LIEBMAN 1960), sollten durch histologische Methoden feiner differenziert werden. Die histologischen Untersuchungen sollten außerdem die Verbindung zwischen einer primären Schädigung und der sekundär auftretenden, zeitlich verschobenen Verpilzung mit Saprolegnia aufzeigen. Weiterhin sollte die Frage, welche Temperaturen Karpfen vertragen und welche Temperaturen schädlich wirken, beantwortet werden.

Die zentrale Schwierigkeit der Arbeit lag im Fehlen von Leistungswerten, die spezifisch auf einen schädigenden Einfluß hätten hinweisen können. Temperaturbezogene Erscheinungen variieren in der Praxis erheblich (STEFFENS 1964), sodaß verschiedene Autoren auf Grund ihrer Untersuchungen oft zu gegenteiligen oder zumindestens zu stark voneinander abweichenden Ergebnissen gelangen.

Mit der Kenntnis dieser Problematik erschien es zunächst unvorstellbar, exakte Daten für die Anwendung in der Praxis zu erarbeiten.

So ist zu verstehen, daß deutlich auftretende Schädigungen, wie Blutergüsse an Haut und Flossen der Karpfen beim Einfließen von Öl in Winterungen, einen willkommenen Ansatzpunkt für die Untersuchungen boten. Das Ziel war, den Leistungswert durch Experimente als repräsentativ für den schädigenden Einfluß zu belegen.

Kurzfristige Versuche mit Kälte, mit Öl und mit Kälte und Öl zusammen brachten keine Blutergüsse hervor. Es ergab sich die Deutungsmöglichkeit der aufschreckenden Wirkung von Öl mit anschließender mechanischer Beschädigung oder Schädigung durch Festfrieren der Fische am Eis. Außerdem wurde mit Hilfe des Bürgischen Gesetzes (DEMOLL 1960) ein vorläufig theoretisches Modell einer kombinierten Schädlichkeit subletaler Öl- und Kälteeinwirkung in Erwägung gezogen.

Experimente mit verschieden schnellem und wiederholtem Heizen, Kühlen und Einfrieren führten auf der Suche nach Leistungswerten zu keinem Ergebnis.

Aus technischen Gründen wurde mit Öl nicht weiter gearbeitet. Versuche, die kausal keine Aussagekraft hatten, wurden abgebrochen.

Nachdem die Kurzzeitversuche erfolglos blieben und die Vorgänge in Winterungen, mit Ausnahme kurzfristiger, extremer Einwirkungen, sich über lange Zeit erstrecken, mußten langfristige Untersuchungen bei möglichst konstanten, niedrigen Temperaturen durchgeführt werden.

Zunächst wurden Versuche in isolierten Becken im Winter im Freien angesetzt, danach Versuche in einem in der Temperatur um einige Grade schwankenden Kühlraum. In einer Winterung schwimmende Kästen mit Fächern in verschiedener Tiefe sollten den Fischen abgestufte Temperaturbedingungen bieten. Diese Versuche waren zweimal auf Grund unvorhergesehener Störungen unbrauchbar. Zuletzt wurden Versuche in Aquarien mit genau einzustellenden Temperaturen durchgeführt, einmal bei konstanten Temperaturen zwischen $-0,2^{\circ}\text{C}$ und $+4,4^{\circ}\text{C}$ und dann bei schwankenden Temperaturen zwischen 4°C und 31°C .

Außerdem zeigten Schockversuche sowie Hitzeversuche das verzögerte Auftreten von Schädigungen. Die Hitzeversuche dienten allein dem Experimentieren an einer extremen, technisch beeinflussbaren Grenze und nicht dem Nachweis von Schäden durch Kühlwässer (BANDT 1947, HAMM 1964).

Kurz- und Langzeitbereich ließen verschiedene, spezifische Gesetzmäßigkeiten erkennen. Ihr Vergleich führte zu grundlegenden Aussagen für den gesamten Komplex der Temperatureinwirkung auf Lebewesen. Die Ergebnisse tragen bei zur Klärung der Trennung von Praxis und Physiologie im Temperaturbereich, zur Ordnung und Beurteilung der vielfältigen Effekte von Temperatureinwirkungen und zur kritischen Einschränkung experimenteller Befunde und Möglichkeiten. Die Aussagen werden an Beispielen aus der Praxis erläutert.

Angaben über die Schädlichkeit niedriger Temperaturen in zeitlicher Variabilität durch das Zusammenwirken mit zusätzlichen Faktoren dienen der Teichwirtschaft.

Das Fehlen repräsentativer Leistungswerte neben der Letalität für Schädigungen im Langzeitbereich schränkt die Bedeutung histologischer Untersuchungen an dieser Stelle ein.

Aus diesem Grund und wegen des großen zeitlichen Aufwands für die Arbeit selbst wurde die histologische Seite bis zum Einblocken der Objekte in Paraffin durchgeführt, dann aber abgebrochen.

C Material, Methode, Schwierigkeiten

Zu den Versuchen wurden einsömmrige Karpfen (K1), zweisömmrige Karpfen (K2) sowie zurückgehaltene K2 verwendet. Letztere werden durch starken Besatz eines Teiches bei intensiver Pflege und Fütterung im Wachstum zurückgehalten. Sie sind so groß wie große K1 und wachsen, wenn sie unter normale Bedingungen kommen, schneller als K1. Die K1 hatten im Durchschnitt eine Länge von 8 cm bis 13 cm und ein Gewicht von 15 g bis 45 g. Die K2 waren etwa 1/2 Pfund schwer. Während der Arbeit wurden in 5 Jahren ungefähr 3500 Karpfen gehalten.

Die Methoden werden dort, wo sie angewendet werden, genauer beschrieben. Für die Kälteversuche standen Winterungen zur Verfügung, in denen schwimmende Kästen ver-

ankert wurden, weiterhin ein Kühlraum und gekühlte Kästen mit Aquarien. Bei den Hitzeversuchen wurde das Wasser mit einem Tauchsieder geheizt und die Temperatur über ein Kontaktthermometer eingestellt. Für abwechselnde Heizung und Kühlung war eine Heizspirale über Thyristorschaltung regulierbar und konnte einmal voll heizen, einmal zur Verlangsamung der Kühlung gegenheizen. 2 Kontaktthermometer bestimmten die Grenztemperaturen.

Schwierigkeiten bereitete die Arbeit durch sehr zeitraubende technische Tätigkeiten. Zunächst waren keine Apparaturen vorhanden. Ihre Planung, die Anträge bei verschiedenen Firmen und der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der Selbstbau von 9 gekühlten Kästen mit der elektronischen Schaltung und vielen technischen Problemen, der Bau von 5 Kästen zum Versenken im Weiher, der Aufbau von Halterungsanlagen forderten enorm Zeit. Als Beispiel mag dienen, daß die Kästen für die Winterung, nachdem sie bereits standen, noch einmal versteift werden mußten. Zu dieser kleinen technischen Zusatzarbeit wurden allein 352 Schrauben für 88 Winkel benötigt. Das Herausbringen der Kästen an die Weiher, das Eintrimmen der Schwimnfähigkeit, das Besetzen und Verankern beanspruchte 3 Personen je 5 Nachmittage lang. Zur Kontrolle der Kühlraumversuche war es notwendig, zweimal pro Woche 2 Jahre lang teils mit dem Auto, teils mit Omnibus und Straßenbahn 20 km vom Institut zu den Versuchen zu fahren.

Eine weitere ständige Schwierigkeit bedeutete die Fischhaltung auf engem Raum. Gefüttert wurde mit Preßlingen, die schnell zerfielen und bereits 1/2 Stunde nach der Fütterung das Wasser stark trübten. Das Wasser mußte spätestens alle 5 Tage gewechselt werden. Bei Ausfall des Kompressors, der die Aquarien mit Luft versorgte, gingen die Fische innerhalb von 1 - 2 Stunden ein. Während der 5 Jahre waren dauernd Kontrollen und Maßnahmen bei Pannen notwendig. Viele Schwierigkeiten kamen hinzu, wie z.B. das Versagen einer Pumpe, die das Wasser aus

den Kellerräumen, in denen die Aquarien standen, zur Kanalisation hochzufördern hatte.

Eine weitere Belastung war durch Fischkrankheiten vorhanden. Trotz Behandlung mit Malachitgrün oder Trypafavin führte Ichthiophthirius wegen der beengten Verhältnisse oft zum Tod der Versuchstiere. Einmal waren die Fische an der Geschwürform der infektiösen Bauchwassersucht erkrankt, einmal gingen sie, vielleicht auf Grund einer früheren Belastung, ähnlich wie zur gleichen Zeit in Teichwirtschaften ohne ersichtliche Ursachen ein. Die restlichen Tiere konnten höchstens noch grob geschädigt und für die histologische Bearbeitung fixiert werden.

Als Hinweis auf völlig unerwartete Pannen sei das Ausfallen von Apparaturen durch Fliegen erwähnt. Diese wurden von den Kontakten der Schaltschütze erschlagen, die Kontakte verschmierten und öffneten und schlossen mit so großer Geschwindigkeit, daß die elektronische Einrichtung beschädigt wurde oder zumindestens versagte.

Manchmal waren ganze Versuchsreihen unbrauchbar, z.B. war ein Winter für die Freiversuche mit schwimmenden Kästen zu mild. Im nächsten Winter wurde wegen eines Mißverständnisses ein zu flacher Weiher ausgesucht, so daß die Kästen in den Durchflußgraben gezogen werden mußten. Eine Versuchsserie in Nürnberg scheiterte daran, daß das Wasser für die Fischhaltung unbrauchbar war.

D Literatur

Die Literatur gab weder Anhaltspunkte, um die in Winterungen aufgetretenen Schäden kausal zu deuten, noch zeigte sie einen Weg zur Bearbeitung des Themas.

Nach FRECHT (1955) ist eine kausale Klärung von Lebensprozessen wegen der Komplexität der Versuchsobjekte kaum möglich. Seiner Ansicht nach ist es wichtiger zu erforschen, wie sich die Tiere durch Regulationen den unmittelbaren Einflüssen einer nicht zusagenden Temperatur entziehen können.

Untersuchungen über die Wirkung von Temperaturen mit spezifischen Leistungswerten (z.B. Sauerstoffverbrauch, Enzymaktivität) gehören zur Physiologie. Als Ausnahme dient die Sterblichkeit als Leistungswert für Physiologie und Praxis. FRECHT (1951) klagt über die Schwierigkeit, die gemessenen Daten zu reproduzieren.

Die auf die Praxis bezogene Literatur ist in den Aussagen uneinheitlich. Über die Ursachen der beobachteten Erscheinungen herrschen oft Meinungsverschiedenheiten. So weichen die Angaben über schädliche Temperaturgrenzen voneinander ab.

Zunächst blieb nur die Möglichkeit, Literatur zu sammeln, um sie später im Zusammenhang mit den experimentellen Ergebnissen zu verwerten. Ungefähr 1000 Arbeiten wurden auf Lochkartei übertragen, 200 für eine eventuelle Verwendung fotografiert.

Weiterhin wurde wegen der deutlichen Trennung von Physiologie und Praxis untersucht, ob beide einen gemeinsamen Ursprung besitzen.

Hierbei stellte sich heraus, daß die Physiologie an auffallenden Äußerungen der Lebewesen ansetzte. Samenkeimung und Wachstum von Pflanzen sowie die Atmung in Abhängigkeit von der Temperatur, die Anabiose als die Wiederbelebung nach Gefrieren und Eintrocknen, das

Leben in Thermen, Fieber und Sonnenbrand fanden Beachtung.

Einen zweiten Ansatzpunkt für physiologische Untersuchungen boten Apparaturen, wie das Respirometer und das Kalorimeter.

Die Fragestellung war kausal. Zur Deutung wurden möglichst spezielle und moderne Erkenntnisse herangezogen, manchmal ohne die Zwischenstufen zu kennen. So bestand für die Physiologie das Problem, von der Zelle über die Gewebe und deren Koordination durch Nerven und Hormone wieder zum Gesamtorganismus zurückzufinden.

Für die Praxis hingegen wurden die Lebensbedingungen der Tiere vergleichend untersucht, um durch günstige Verhältnisse einen möglichst großen Gewinn zu erzielen.

Die Trennung zwischen Physiologie und Praxis im Temperaturbereich war also so weit zu klären, daß beide Gebiete unabhängig voneinander sich herausgebildet hatten.

Physiologie und Praxis der Ernährung von Tieren sind dagegen eng miteinander verbunden. Daß Nahrungsstoffe spezifischer in den Stoffwechsel eingreifen als die Temperatur, die alle chemischen Reaktionen in der Geschwindigkeit bestimmt, war klar. Trotzdem konnte das nicht der Grund dafür sein, daß bei einer großen Zahl von Arbeiten nicht wenigstens einige eine Querbeziehung zwischen den beiden Teilgebieten der Temperatur in der Physiologie und der Temperatur in der Praxis hergestellt hatten.

Die Lösung des Problems wird im Kapitel über die Anwendung der Versuchsergebnisse besprochen.

Es soll noch kurz die auf die Praxis bezogene Literatur angeführt werden. Zunächst werden temperaturbedingte Fischsterben mit den zugehörigen Schädigungsbildern beschrieben. Der weitaus größere Teil dieser Arbeiten

beschäftigt sich mit Kälteschädigungen: ALTNÖDER (1963), BANK (1958, 1965), CHATURVEDI (1964), CRISP (1964), LARSEN (1930), GALLAGHER (1941), GUNTHER (1941), KOCHS (1951), MILLER (1941), ROHMANN (1957), REICHENBACH - KLINKE (1968), RINCKEY u. SALOMAN (1964), SIMPSON (1953), SMITH (1948), STREY u. GUDGER (1936), VACK (1953), WOODHEAD (1964a, 1964b), WUNDER (1960a, 1964a, 1964b, 1964c, 1967). Hitzeschäden durch natürliche Erwärmung der Gewässer im Sommer treten selten auf: GILBY (1955), HERTSMAN (1942, 1946). Die Aufheizung von Flußläufen durch Kühlwasser von Industrien beschreiben BAADT (1947) und HAMM (1964). Meistens werden hier sekundäre schädliche Einflüsse, wie zum Beispiel Sauerstoffmangel, zum Letalfaktor.

Die Praxis hat die Wirtschaftlichkeit zum Ziel. Für die Meeresfischerei sind hierzu temperaturbedingte Tierwanderungen von Bedeutung: BERZINS (1949), DOUDOROFF (1938), HUBBS (1948), JACKMAN u. STEVEN (1955), WOODHEAD (1964b), WOODHEAD u. WOODHEAD (1959).

Für die Teichwirtschaft werden Maßnahmen für eine bessere Überwinterung der Fische beschrieben: HOFMAN (1963), LIETMANN (1963, 1964), MERLA (1962), MERLA u. MICHLER (1962), MÜLLER (1957), STEFFENS (1964), WUNDER (1949, 1953, 1954a, 1954b, 1960b, 1962, 1963a, 1963b, 1964d, 1966).

E Versuche und Beobachtungen =====

I. Anfangsversuche

1. Versuchsziel

Die Versuche zu Beginn der Arbeit hatten das Ziel, bei einsömrrigen Karpfen deutliche Leistungswerte, vor allem Blutergüsse und Hautschädigungen durch Anwendung von Kälte und Öl zu erzeugen. Sie sollten Ansatzpunkt zur Klärung ähnlicher, bei der Überwinterung von Karpfen hin und wieder auftretender Schädigungen sein.

2. Versuchsgruppe mit Kälte und Öl

K1 wurden mit Hilfe von zwei gepolsterten Klammern mit dem Kopf nach oben senkrecht festgehalten und künstlich beatmet. Das Leitungswasser mußte, da es sauerstoffarm war, zuvor gut durchgelüftet werden. Der Körper wurde feucht gehalten.

Zunächst wurde die Schwanzflosse eine Stunde lang mit Schmelzwasser beträufelt. Um die Flosse bildete sich ein schmaler, weißer Saum aus. Durch die Kälte selbst entstanden keine Blutergüsse, allerdings verursachte das Schlagen von Schwanzstiel und -flosse gegen ein federnd angebrachtes Glasrohr der Kaltwasserzuleitung Blutergüsse.

5 Minuten Eintauchen der Schwanzflosse in altes Getriebeöl bei 20°C und anschließende Wässerung von 11,5 Stunden brachte ebenso wenig Schäden hervor wie 5 Minuten Behandlung mit altem Getriebeöl von 6°C und anschließendes 1,5 Stunden langes Begießen des eingetauchten Teiles mit Schmelzwasser. Auch in der Nachhälterung bei 14°C traten keine Veränderungen auf.

Da bei den Kurzzeitversuchen die gewünschten Schäden (außer durch mechanische Einwirkung) nicht auftraten, mußte zu Langzeitversuchen übergegangen werden.

Im November 1964 wurde eine Plastikschißel mit Wasser, das mit altem Getriebeöl durchschüttelt worden war, mit einem K1 ins Freie gestellt. Das Wasser wurde durchlüftet. Bei etwa 1°C stand der Fisch am Grund und schwamm nach Störung heftig an die Oberfläche. Er hatte keine Blutergüsse. Nach Zugabe von noch mehr Öl stand der Karpfen bei etwa 6°C matt an der Oberfläche, der Rücken ragte durch das Öl aus dem Wasser. Nach 4 Wochen ging der Fisch ohne Blutergüsse ein.

Zur gleichen Zeit sprangen 2 K2 aus einem schlecht abgedeckten Aquarium auf den Betonboden. An den Schwanzflossen traten lange, kräftige Blutergüsse auf.

Zu diesen Untersuchungen kam hinzu, daß Blutergüsse nur im Winter beobachtet wurden. Der Winter unterscheidet sich vom Sommer an möglichen schädigenden Faktoren durch tiefe Temperaturen und durch Eis.

Das matte Schwimmen des Fisches im Ölwasser an der Oberfläche, die bekannte Tatsache, daß Fische im Winter durch Sauerstoffmangel aufgeschreckt werden, die mißlungenen Versuche, mit Kälte und Öl Blutergüsse hervorzurufen, die schnelle Ausbildung von Blutergüssen bei mechanischen Einwirkungen sowie das mit dem Vorhandensein von Eis verbundene Schädigungsbild in der Praxis lieferten die Anhaltspunkte für eine Theorie:

Öl konnte die Fische aufschrecken. Sie kamen an die Oberfläche und beschädigten sich mechanisch am Eis.

Auf Grund des von DEMOLL (1960) angeführten Bürgischen Gesetzes wirken Arzneistoffe mit gleichem pharmakologischem Angriffspunkt additiv. Solche mit verschiedenen Angriffspunkten entfalten eine potenzierte Wirkung. In der gleichen Arbeit stellt DEMOLL die Stress-Situation zu den Giften, wenn andere Gifte hinzukommen.

Wird auf Grund des schnelleren Sterbens von Karpfen bei niedrigen Temperaturen eine entsprechende Kälteeinwirkung als Stress-Situation angenommen und außerdem Öl als giftig für Fische angesehen, so ist eine den Einzelschädigungen gegenüber potenzierte Kombinationswirkung von Kälte und Öl auf Karpfen in Erwägung zu ziehen.

Versuche waren geplant, bei denen bei 20°C eine subletale Öl- bzw. andere Giftmenge hätte ermittelt werden sollen. Bei niedrigeren Temperaturen nimmt die Giftwirkung auf Poikilotherme durch deren verminderten Stoffwechsel ab. Hätte man bei der Abkühlung schädliche Temperaturen erreicht, hätte durch die Kombinationswirkung zwischen Kälte und Gift eine Schädigung auftreten sollen. Ein Vergleichsversuch ohne Gift wäre notwendig gewesen.

Zunächst wurde dieser Versuch aus technischen Gründen zurückgestellt. Durch spätere Versuche wurde dieses Gedankenmodell gestützt, erwies sich allerdings von der experimentellen Seite her komplizierter als zunächst angenommen wurde. Die Besprechung erfolgt bei der zusammenfassenden Auswertung aller Versuche.

3. Versuchsgruppe in extremen Temperaturbereichen

Beim Eintauchen der Fische mit dem Schwanzstiel 2 Minuten lang in Wasser von 44°C bis 48°C entstanden Blutergüsse. Weiterhin war bekannt, daß der Schwanzstiel beim Eintauchen in heißes Wasser abgestoßen werden konnte. Gegenversuche mit 5 Sekunden langem Eintauchen der Schwanzflosse in flüssige Luft ergaben keine Blutergüsse, jedoch einen weißen Flossensaum. Diese Zone wurde später abgestoßen. Bei 30 Sekunden Eintauchen des Schwanzstieles in flüssige Luft entstanden tiefe Muskelwunden mit schwarzen Rändern. Bei entsprechend langer Behandlung war zu vermuten, daß der Schwanzstiel abgestoßen worden wäre.

4. Versuche über das Schockverhalten

Die Fische wurden in Schmelzwasser eingesetzt. Das Umsetzen von K1 von $14,2^{\circ}\text{C}$ in Schmelzwasser wurde ohne auffälliges Verhalten der Fische 6,5 Stunden lang ertragen. Bei dem Temperatursprung von 20°C auf 0°C schwammen die Karpfen zunächst an die Oberfläche, darauf folgte wildes Umherschwimmen und Suchen auf dem Grund. Nach etwa 2 Minuten legten sich die Fische auf die Seite. Ein Fisch, der bereits tot schien, kam in Formalin wieder zu sich. Weitere Versuche ergaben eine Abhängigkeit der Erholungszeit von der Dauer der Kälteeinwirkung.

1,5 Stunden Kälte: 1 Fisch kam in Formalin wieder zu sich, einer dagegen erholte sich bei einer Nachhälterung von 20 Grad nicht mehr.

1,25	"	"	: Erholungszeit 30 Minuten
0,5	"	"	: Erholungszeit 7 Minuten
0,25	"	"	: Erholungszeit 3 Minuten

5. Zusammenfassung der Ergebnisse

- (1) Bei Kurzzeitversuchen konnten weder mit Öl, noch mit Kälte, noch mit beiden kombiniert Blutergüsse erzeugt werden.
- (2) Nur durch mechanische Einwirkungen entstanden leicht Blutergüsse.
- (3) Für die Einwirkung subletaler Ölmengen wurden 2 Möglichkeiten gesehen:
 - (a) Die Fische wurden aufgeschreckt und beschädigten sich am Eis.
 - (b) Öl und eine schädigende Temperatur hätten sich in der Schädlichkeit potenzieren können.

- (4) Beim Eintauchen des Schwanzstieles in Wasser von 44°C bis 48°C entstanden Blutergüsse. Behandlung mit flüssiger Luft ergab Flossensäume. Blutergüsse und Flossensäume waren neben Schleimabgabe die einzigen Leistungswerte, wurde von der Letalität abgesehen.
- (5) Bei einem Temperaturschock von 20°C auf 0°C gingen die Fische in Seitenlage. Die Erholungszeit hing in Grenzen von der Dauer der Temperatureinwirkung ab.

II. Beobachtungen über verzögerte Fischsterben

1. Verzögertes Sterben von K2 nach Umsetzen von warmem in kalte Wasser

a) Beobachtung

Zwei 250 l-Aquarien, die im Institut aufgestellt waren, mußten am 31. 10. 1966 zur Verfügung gestellt werden. Ein Aquarium ohne Durchfluß hatte eine Temperatur von $17,8^{\circ}\text{C}$. Es war mit mittelgroßen K1 (Stückgewicht ca. 20 g) sowie mit 9 markierten K2 (Stückgewicht ca. 250 g) besetzt. Das andere Aquarium mit 15 unmarkierten K2 (Stückgewicht ebenfalls ca. 250 g) war durchströmt und hatte 14°C Wassertemperatur.

Die Fische wurden in ein 12 cbm-Betonbecken ins Freie in Wasser von 2°C umgesetzt. Die K1 legten sich nach kurzem, heftigem Schwimmen auf die Seite. Beide Gruppen K2 zeigten normales Verhalten.

Am 5. 11. 1966 vormittags waren alle markierten K2 tot, alle unmarkierten überlebten. Die Verluste waren in einer Zeitspanne von höchstens 15 Stunden aufgetreten.

b) Vorläufige Ergebnisse

(1) K2, die von $17,8^{\circ}\text{C}$ Wassertemperatur in 2°C umgesetzt wurden, gingen nach 5 Tagen in einer kurzen Zeitspanne ein, andere überlebten den Wechsel von 14°C auf 2°C . Der größere Temperatursprung war der wahrscheinliche Grund für das Sterben der einen Gruppe. Die K1 waren empfindlicher als die K2.

(2) Die Aussagen gelten für etwa 8 Tage, danach stieg die Temperatur wieder an.

(3) Es fallen auf:

- (a) Das verzögerte Auftreten der Verluste.
- (b) Die kurze Zeitspanne des Sterbens.
- (c) Das vollständige Eingehen der einen Gruppe von K2.

(4) Die Erscheinungen werden im Zusammenhang mit den Ergebnissen späterer Versuche diskutiert.

2. Verzögertes Eingehen von Fischen nach Transporten

- a) Gespräche mit Fischgroßhändlern ergaben, daß, um Verlusten vorzubeugen, importierte Speisekarpfen möglichst nicht länger als drei bis vier Wochen gehältert werden sollten, einheimische Karpfen dagegen hielten den Winter über durch.
- b) Ende Oktober 1963 trafen zwei Fischtransporte aus Südfrankreich im Verlaufe einer Kälteperiode in Nürnberg ein. Nach etwa 10 Tagen traten Schädigungen auf. Noch vor dem Eingehen konnten die Fische verkauft werden.
- c) Drei Transporte Speisekarpfen aus Südfrankreich nach Hamburg am 12., 13. und 15. November 1965 zeigten nach 10 Tagen Hälterung in der Alster große Verluste. Zur gleichen Zeit traten ähnliche Schäden bei einem Transport von Südfrankreich in Braunschweig auf. Fischkrankheiten und Transportfehler schieden nachweislich aus. Die Verschmutzung der Alster lag in normalen, für die Fischhaltung sonst unbedenklichen Grenzen. Obwohl alle Speisekarpfen aus demselben Teich stammten, zeigten zur gleichen Zeit nach Süddeutschland durchgeführte Transporte keine Verluste. Während Norddeutschland von einer Kälte-
welle beherrscht wurde und die Alster bei der Hälterung der Speisekarpfen eine Temperatur von nur $1/2^{\circ}\text{C}$ aufwies, lagen die Temperaturen im süddeutschen

Raum höher. Außerdem verliefen auch alle Transporte nach Norddeutschland vor und nach der Kälte-
welle ohne Verluste. Dieses Fischsterben wurde
darauf zurückgeführt, daß sich die Speisekarpfen
von 10°C bis 15°C Wassertemperatur in Südfrank-
reich über ungefähr 8°C Transporttemperatur an
zwei Tagen nicht schnell genug auf die Wassertempe-
ratur von 1/2°C in Norddeutschland umstellen konn-
ten.

Fischtransporte aus kälteren Gebieten (Polen, DDR)
überstanden die Hälterung während der Kälteperiode,
obwohl ihr Aussehen bei der Ankunft schlechter war
als das der französischen Karpfen.

d) Vorläufige Ergebnisse

- (1) Importierte Speisekarpfen sind bei der Hälte-
rung empfindlicher als einheimische.
- (2) Die Fischsterben traten verzögert auf.
- (3) Sie spielten sich in einer kurzen Zeitspanne ab.
- (4) Die Hälterungstemperatur lag bei 1/2°C.
- (5) Nur die Fische gingen ein, die dem größeren
Temperaturwechsel ausgesetzt waren.
- (6) Die niedrigen Temperaturen waren auf 12 Tage
beschränkt. Die Aussagen gelten nur für diese
Zeit.

III. Versuchsreihen in einem Kühlraum

1. Versuchsziel und allgemeine Versuchsanordnung

a) Versuchsziel

In langfristigen Versuchen sollten Karpfen verschiedenen, möglichst konstanten niedrigen Temperaturen ausgesetzt werden.

Als Leistungswerte waren vorgesehen: Überleben, sichtbare Schäden, histologische Veränderungen und das Verhalten der Fische.

An Parametern wurden verändert: Die Größe der Fische, das Alter bei ähnlicher Größe, der Fütterungszustand (gefütterte und ungefütterte Tiere), die Lichtverhältnisse (Dauerlicht bzw. Dauerdunkel) und die Temperatur (nach den technisch gegebenen Möglichkeiten).

b) Allgemeine Versuchsanordnung

Die Versuche liefen bei Dauerlicht (40 W-Glühbirne) in einem Kühlraum von ungefähr 6 qm Fläche und 2 m Höhe der Firma Linde Kühlhaus AG, Nürnberg. Die Kälte wurde von einem zentralen Maschinenraum aus über einen Schacht von oben zugeführt. Die Temperatur konnte durch verschieden weites Öffnen dieses Schachtes mit einem Schieber, bzw. durch Einschalten eines am Boden aufgestellten Elektroofens (Leistung 2 mal 500 Watt) reguliert werden. Die Luft wurde mit einem Propeller umgewälzt.

Als Aquarien wurden verwendet:

Grundfläche (in qcm)	Höhe (in cm)	Ungefährer Inhalt (in l)
(1) 100 x 50	50	250
(2) 21,5 x 32	51	35
(3) 18,5 x 36	23,5	15

Die tatsächliche Wassermenge liegt ungefähr 10 % unter den berechneten Werten. Durchlüftet wurde mit einer Membranpumpe.

Um zwei Temperaturgruppen zu erreichen stand ein Teil der Becken auf einer 60 cm hohen Bank, ein Teil am Boden. Meistens waren die unteren Aquarien kälter als die oberen, manchmal waren die Temperaturen ausgeglichen oder sogar oben niedriger als unten. Als Ausnahme war ein Aquarium, das unter der Öffnung des Kühlschachtes stand, stets das kälteste.

Die Ursachen dieser Verhältnisse sind bekannt, waren jedoch im gegebenen Rahmen nicht abzustellen und sind für eine Darstellung unwesentlich.

2. Vorversuche zu dem Hauptversuch im Kühlraum

Die Vorversuche waren nur richtungsweisend für den Hauptversuch und können deshalb kurz behandelt werden.

a) Erster Vorversuch

Beim ersten Vorversuch wurden K1 verschiedener Größe in zwei hochgestellten 250 l-Becken und zwei am Boden stehenden 35 l-Becken gehalten. Die Fische wurden langsam an die tiefere Temperatur gewöhnt. Die Temperaturen schwankten zwischen 6°C und 2°C und lagen in den unteren Becken oft um 1-1 1/2°C, niedriger als in den oberen. Ein 250 l-Becken war abgedunkelt.

Ergebnis

- (1) Die Fische gingen innerhalb von sechs Monaten ohne erkennbare Gesetzmäßigkeiten ein.
- (2) Die Fische hielten bei Dunkelheit ungefähr gleich gut aus wie bei Helligkeit.
- (3) Es traten keine Blutergüsse auf.

Folgerung für weitere Versuche

Um mögliche Gesetzmäßigkeiten herauszuarbeiten, müssen die Karpfen nach der Größe sortiert werden.

b) Zweiter Versuch

Der zweite Versuch wurde mit nach Größe sortierten K1 in fünfzehn 35 l-Aquarien angesetzt. Eines wurde aus technischen Gründen mit Erlanger Leitungswasser, in dem bereits Fische transportiert worden waren, gefüllt. Für die anderen wurde Wasser aus einem firmeneigenen, 62 m tiefen Brunnen genommen.

Ergebnis

(1) Die Fische gingen unabhängig von der Größe im Nürnberger Tiefbrunnenwasser in wenigen Wochen ein.

(2) Die Fische im Erlanger Transportwasser überlebten.

Eine amtliche Wasseruntersuchung vom 27. 7. 1965 ergab Ammoniumionen fraglicher Herkunft, die bei einer späteren Untersuchung nicht mehr festgestellt wurden. Weitere Nachforschungen ergaben, daß das Brunnenwasser aus dem gleichen Hahn entweder direkt oder bereits nach Verwendung als Kühlwasser entnommen werden konnte. Vielleicht lag hier die Ursache für das schnelle Sterben der Fische im Nürnberger Wasser.

Folgerung für weitere Versuche

Durch Absprache mit den Arbeitern war für weitere Versuche sicherzustellen, daß das Wasser direkt aus dem Tiefbrunnen kam. Außerdem mußte ein Kontrollbecken mit Erlanger Leitungswasser eingerichtet werden.

3. Hauptversuchsreihe in Nürnberg vom 7.1.1967 - 26.7.1967

a) Anlage der Versuchsreihe

(1) Parallelversuch

(a) Überlebensversuch (B7, B8: hochgestellt,
B9, B10: tiefgestellt).

(b) Fixierung von ähnlich (1a) gehaltenen Fischen in Abständen von einer Woche. Fixiert wurden in Formalin (1:9) Haut aus dem Bereich der Leibeshöhle, weiterhin: Darm, Kieme, Leber und Milz (B1, B2, B3: tiefgestellt, B4, B5, B6: hochgestellt).

- (2) Versuch mit Erlanger Leitungswasser zur Kontrolle des Nürnberger Brunnenwassers (B11).
- (3) Vergleich kleiner (B12), mittlerer (B13) und großer (B14) K1 im Dauerversuch.
- (4) Vergleich großer K1 (B14) mit zurückgehaltenen K2 (B15) ähnlicher Größe im Dauerversuch. Hier sollten die Faktoren Körpergröße und Alter getrennt untersucht werden.
- (5) Vergleich gefütterter (B18, B19) und ungefütterter K1 im Dauerversuch.

b) Aquarien, Besatz, Temperaturen bei den Versuchen (1) bis (5)

Für die Versuche (1) bis (4) wurden 35 l-Aquarien verwendet, für den Versuch (5) 15 l-Becken.

In Versuch (1b) wurden die Aquarien mit je 7 Fischen besetzt, in den Versuchen (1a) und (2) bis (4) mit je 6 und in Versuch (5) mit je 4 Fischen.

Das Durchschnittsgewicht der Karpfen in B1 bis B11 und B16 bis B19 betrug 16 g bis 30 g. B12 war mit kleinen K1 zwischen 4,5 g und 8,2 g besetzt, B13 mit mittleren K1 zwischen 11,3 g und 16,9 g und B14 mit großen K1 zwischen 32,9 g und 57 g. Die zurückgehaltenen K2 in B15 wogen zwischen 30,2 g und 62,9 g.

Die Temperaturen schwankten bei den Versuchen (1) bis (4) von 2°C bis 6°C. Dieselben Temperaturverhältnisse galten bei Versuch (5) für zwei Aquarien mit ungefütterten und eines mit gefütterten Fischen. Das zweite Becken mit gefütterten Fischen war stets kälter als die anderen.

Seine Temperatur lag oft unter 1°C . Die Fische kamen bei den Versuchen von 10°C Hälterungstemperatur in ungefähr 8°C Anfangstemperatur, die innerhalb einiger Tage auf ungefähr 3°C gesenkt wurde. Die Fische wurden somit an die Versuchstemperatur adaptiert, ein Temperaturschock wurde vermieden.

c) Sterblichkeitstabelle zum Kälte Dauerversuch vom
7.1.1967 - 26.7.1967

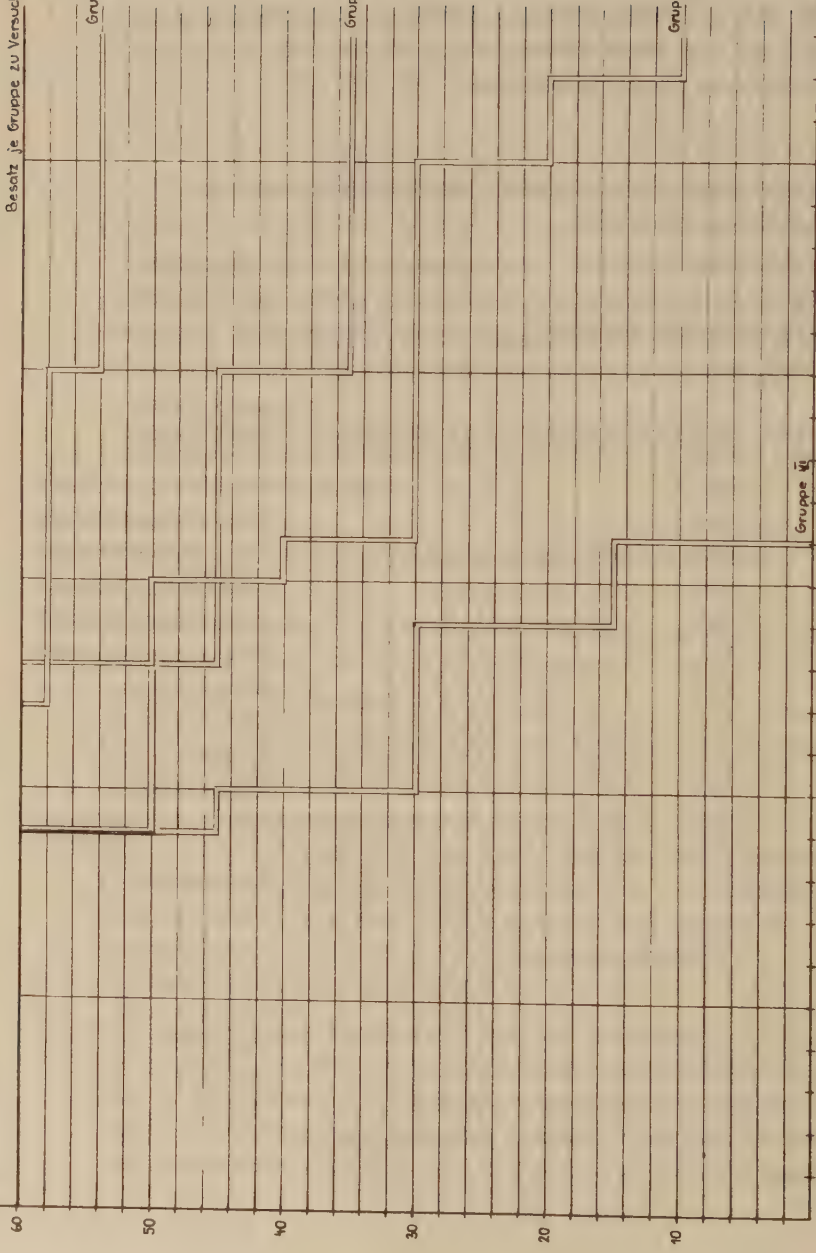
Sterblichkeit während des Versuches in den einzelnen Becken. Die Zahlen in den Klammern geben jeweils das Eingehen eines Versuchsfisches in Wochen nach Versuchsbeginn an.

Becken	Nr. des Versuchs	Verlustwochen	Bemerkungen
1	1b	(-)	Fixierungsversuch
2	1b	(-)	Fixierungsversuch
3	1b	(-)	Fixierungsversuch
4	1b	(-)	Fixierungsversuch
5	1b	(-)	Fixierungsversuch
6	1b	(-)	Fixierungsversuch
7	1a	(19)	Dauerversuch
8	1a	(25)	Dauerversuch
9	1a	(9/13/20)	Dauerversuch
10	1a	(9/20)	Dauerversuch
11	2	(4/4/10/16/28)	Kontrolle Erlanger Wasser
12	3	(13/15/16/25/27)	Kleine K1
13	3	(20)	Mittlere K1
14	3/4	(12)	Große K1
15	4	(-)	Zurückgehaltene K2
16	5	(-)	Ungefüttert
17	5	(-)	Ungefüttert
18	5	(-)	Gefüttert
19	5	(9/10/14/16)	Gefüttert
= Totalverlust			

Zahl der Fische
(kleinstes gemeinsames
Vielfaches)

Sterblichkeitsdiagramm zum Kältedauerversuch vom 7.1.1967 - 26.7.1967

Besatz je Gruppe zu Versuchsbeginn



Gruppe IV

Diagramm 1

Wochen nach Versuchsbeginn

d) Einteilung der Sterblichkeitskurven in Gruppen

Gruppe I: Hierzu zählten die Becken 1 bis 6 des Fixierungsversuchs (1b). In ihnen gingen, im Gegensatz zu dem dazugehörigen Dauerversuch (1a), keine Karpfen ein.

Die Fixierungsbecken wurden eines nach dem anderen geleert.

Es wäre möglich, aber unwahrscheinlich, daß in B1 bis B6 bessere Fische waren als in B7 bis B10.

Wahrscheinlicher ist, daß

- (a) die Fixierung beendet war, bevor die Verluste begonnen hätten, und daß
- (b) beim Heraussuchen der Fische für die Fixierung unbewußt zuerst die schlechteren genommen wurden.

Man sollte Dauerversuche und Fixierungsversuche trennen.

Gruppe II: Darin sind die Dauerversuchsbecken mit den geringsten Verlusten zusammengefaßt: In B15 bis B18 gingen keine Fische ein, in B7 und B8 jeweils einer.

Gruppe III: In B9 und B10 waren drei bzw. zwei Fische eingegangen. Die Karpfen in den Becken 7 und 8 und 16 bis 18 der Gruppe II waren ungefähr gleich groß wie die der Becken der Gruppe III.

Die Temperaturdifferenz zwischen den Becken war gering, maximal $1,5^{\circ}\text{C}$ zwischen B7, B8 und B9, B10. Die Becken 16 bis 18 hatten jedoch ungefähr dieselbe Temperatur wie die Becken 9 und 10. Hier waren die Verhältnisse sogar günstiger, da die Fische beim Ablesen des Thermometers weniger beunruhigt wurden als in den Becken 7 und 8.

D.h., die Faktoren, die zu den Unterschieden der Gruppen II und III führten, sind nicht bekannt. Beide Gruppen zeigten einen flachen Verlauf der Sterblichkeitskurven, der besonders im Vergleich zum Kurvenverlauf der Versuche in den Becken 12 und 19 auffällt.

Gruppe IV: Beim Kontrollbecken B11 traten bereits nach 4 Wochen die ersten Verluste auf, danach ist der Kurvenverlauf flach wie etwa für die Becken 9 und 10. Im Vergleich zum zweiten Vorversuch wurde dieses Mal für die Becken, außer für B11, einwandfreies Brunnenwasser verwendet.

Gruppe V: In Becken 12 gingen die Fisch in zwei Raten ein. Der Besatz bestand aus extrem kleinen K1. Beide steileren Kurvenabfälle waren jeweils einer Gewichtsgruppe zuzuordnen. Zuerst gingen die leichteren Fische (4,5 g - 6,2 g), dann die schwereren (7,4 g - 7,6 g) ein. Bei den anderen Versuchen mit größeren Fischen war die Abhängigkeit von der Größe weniger deutlich. Nachdem außerdem Temperaturen zwischen 2 und 6°C vorlagen, die in den anderen Versuchen sich zumindest als wenig schädlich erwiesen, besteht die Möglichkeit, daß im Langzeitversuch die Kleinheit der Fisch zum lebensbegrenzenden Faktor wurde. Interessant wären weitere Versuche mit sehr kleinen K1. Nach dem Kurvenverlauf und den oben angeführten Überlegungen wäre denkbar, daß die Variabilität der Fische gegenüber den gesamten einwirkenden Faktoren durch einen extremen Faktor (mangelnde Nahrungsreserven) zeitlich enger gefaßt wurde.

Gruppe VI: In B19 war die Temperatur tiefer als in den anderen Becken, oft unter 1°C. Da in den Nachbarbecken die Temperatur höher lag und keine Fische eingingen, ist die Temperatur von 1°C und darunter als einengender Faktor für die Variabilität der Fisch in B19 zu betrachten.

Nachdem die Fische in B19 gefüttert waren (nicht ausgehungert vor dem Versuch), bleibt die Frage offen, ob die Temperatur allein oder die Temperatur und der gefütterte Zustand gemeinsam für die Verluste in B19 verantwortlich waren. Die Temperatur spielte sicher eine Rolle, da die ebenfalls gefütterten Fische im Nachbarbecken die Versuchsdauer ohne Verluste überstanden.

e) Das Verhalten der Karpfen während des Versuchs

Das Verhalten war unterschiedlich. Die Fische standen verschieden schräg und wichen vor dem Lichtkegel der Taschenlampe langsam aus. Diese Reaktion wurde mit längerer Versuchsdauer schwächer. Schwache Fische kamen nach oben und schwammen. Sank die Temperatur unter 2°C , waren die Fische ruhiger als bei 4°C ; das galt aber nicht immer. Insgesamt schwankte der Zustand der Versuchsfische ohne erkennbare Beziehung zu den augenblicklichen Temperaturverhältnissen. Die Tendenz war zu erkennen, daß größere Fische sicherer überdauerten als kleine.

4. Zusammenfassung der Kühlraumversuche

- (1) Der Zeitraum der Versuche ist zu beachten. So ist z.B. nur die Aussage möglich, daß große K1 und zurückgehaltene K2 unter den gegebenen Versuchsbedingungen 6 1/2 Monate überlebten. Deshalb kann trotzdem in einer größeren Zeitspanne ein Unterschied in der Sterblichkeit zwischen beiden Gruppen auftreten.
- (2) Außer in den Becken 19 und 12 verliefen die Sterblichkeitskurven flach. Die eingegangenen Fische variierten in der Größe, der Ernährungszustand war meist gut. Die Tendenz war zu erkennen, daß die größeren Karpfen sicherer als die kleineren überdauerten.
- (3) Bei Temperaturen unter 1°C gingen die Fische schneller ein als bei darüberliegenden Temperaturen. Ob die Temperatur allein oder das Überführen in die Versuchsbedingungen ohne vorheriges Aushungern gemeinsam mit der niedrigen Temperatur für die Verluste verantwortlich war, muß noch untersucht werden.

- (4) Bei extrem kleinen Fischen schienen die fehlenden Nahrungsreserven der lebensbegrenzende Faktor im Dauerversuch zu sein.
- (5) Außer tiefliegenden Augen bei manchen Fischen traten keine sichtbaren Veränderungen, wie etwa Blutergüsse oder Wasseransammlung in der Leibeshöhle, auf.

IV. Dauerkälteversuche in gekühlten Styroporkästen

1. Dauerkälteversuch vom 29.12.1967 - 30.3.1968 mit Nachhälterung

a) Versuchsziel

K1 ähnlicher Größe (10 cm - 12 cm Länge) sollten nach langsamer Adaptation bei verschiedenen konstanten niedrigen Temperaturen langfristig gehalten werden, um eine schädliche Grenztemperatur für die Überwinterung zu ermitteln.

Nebenbei war geplant, das Verhalten der Karpfen zu beobachten sowie für eine kausale Beurteilung von Fischsterben sichtbare und histologische Veränderungen an Haut und Flossen festzustellen.

Da nach schlechter Überwinterung Karpfen im Frühjahr unter Verpilzungserscheinungen eingehen können, sollten die Versuchsfische in einer Nachhälterung bei 14°C bis 18°C gefüttert und über längere Zeit untersucht werden.

b) Versuchsanordnung

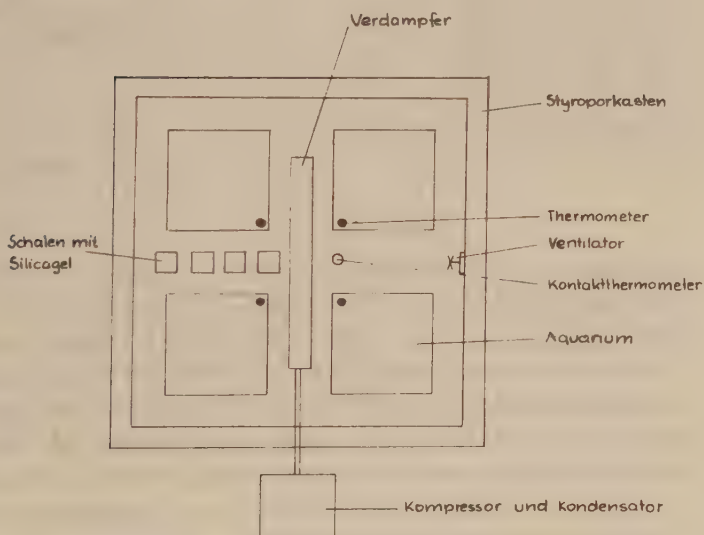
(1) Beschreibung eines Versuchskastens

Die Dauerversuche liefen in 40 l-Plastikaquarien, die auf gleichmäßige Temperaturen gebracht werden konnten ($\pm 0,1^{\circ}\text{C}$). Jeweils vier Aquarien standen in einem Styroporkasten von 88 cm mal 88 cm Innenfläche und 60 cm Innenhöhe. 6 cm Wandstärke reich-

ten aus, um eine Temperaturdifferenz zwischen 25°C und 0°C sicher zu isolieren. Der Deckel war mit einem Falz eingepaßt. Die zusammenstoßenden Teile wurden geklebt und zusätzlich mit Tesa-Krepp-Streifen versehen, so daß der Kasten dicht abgeschlossen war.

Zwischen den Aquarien hing an einem Holzgestell der Verdampfer einer Kühleinheit, deren Kompressor und Kondensator auf einem Preßspanbrett neben dem Styroporkasten montiert waren. Ein Ventilator am Boden des Kastens wälzte die Luft senkrecht zum Verdampfer um. (Abb. 1a).

Schalen mit Silicagel halfen, die Luftfeuchtigkeit im gekühlten Raum zu vermindern.



Ansicht auf einen Kühlkasten der Kältedauerversuche

Abb. 1a

Das Problem, den Verdampfer gegen die Aquarien zu schützen und sie andererseits kontrollierbar zu halten, wurde folgendermaßen gelöst: (Abb. 1b)

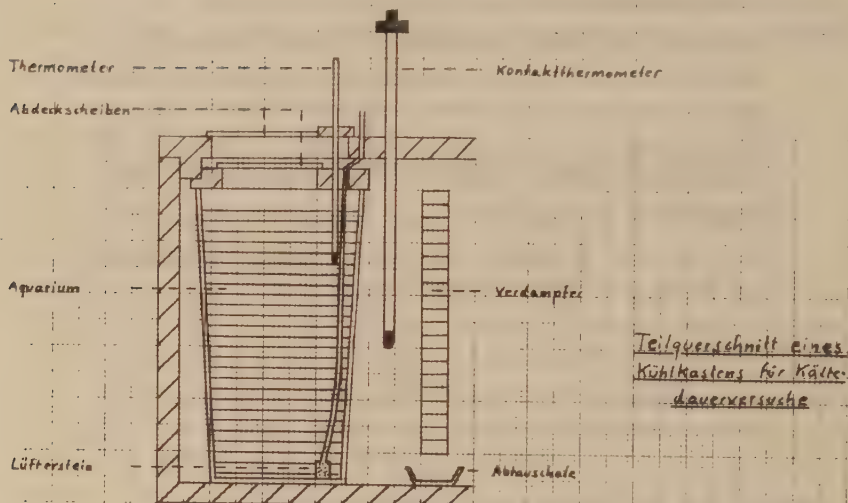


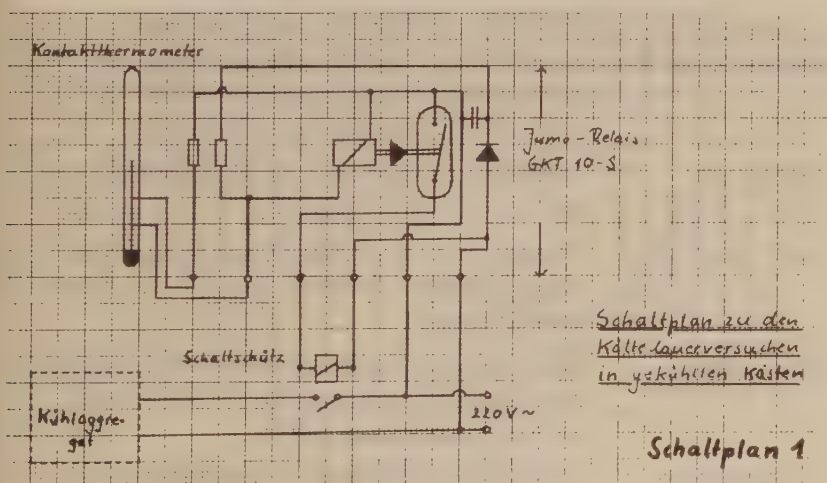
Abb. 1b

Auf jedes Aquarium wurde ein Styroporrahmen gelegt, von dem zwei Leisten etwas breiter ausgeführt und mit einem Loch an der gemeinsamen Ecke versehen waren. Hierdurch wurden Thermometer und Durchlüfterschlauch in das Becken eingeführt. Auf den Rahmen wurde eine Glasscheibe gelegt. Über jedem Aquarium war der Deckel des Styroporkastens mit einer etwas größeren Öffnung, als sie der Rahmen darunter frei gab, ausgespart. Die Aussparung wurde mit einer zweiten Glasscheibe abgedeckt, bei der eine Ecke zur Einführung des Thermometers schräg abgeschnitten war. Die übrig bleibende dreieckige Öffnung wurde mit einem gegengeschobenen Styroporstück verschlossen, das zur Haltung des Thermometers durchbohrt war. Dieses reichte durch das darunter liegende Loch im Styroporrahmen in das Wasser und war

durch die obere Scheibe ablesbar.

Die Luftzufuhr erfolgte mit Hilfe von Membranpumpen und konnte durch Klemmen außerhalb des Kastens geregelt werden.

Ein Kontaktthermometer reichte in den Luftraum der Apparatur. Die Temperaturschwankungen im Wasser waren geringer als jene im Luftraum. Außerdem erwies es sich als günstig, daß die Temperatur auf die Aquarien über eine große Fläche einwirkte. Das Kontaktthermometer steuerte über Quecksilber-Vertikal-Relais und Schaltschutz das Kühlaggregat (Schaltplan 1).



Bei der Einstellung konstanter Temperaturen ergeben sich Schwierigkeiten durch die bei der Durchlüftung zugeführte, nicht genau zu regulierende Wärmemenge. Dieser Fehler hätte dadurch abgestellt werden können, daß die Luftschläuche zuerst ein längeres Stück durch den gekühlten Raum geführt worden wären. Dabei wäre ein Abscheider für Kondenswasser notwendig geworden. Die für die Versuche zur Verfügung stehende Zeit reichte jedoch für technische Veränderungen nicht aus.

(2) Beschreibung der Einzelteile

Hermetikaggregat	1/8 PS - Type 83F, Leistung 183 kcal/h mit besonders langer Zuleitung zum Verdampfer. Herstellerfirma: Gebrüder Schubert, Amberg.
Kontaktthermometer	verstellbar mit Drehmagnet Jumo MS 121 mit einem Temperaturbereich von -5°C bis $+50^{\circ}\text{C}$. Einteilung $1/10^{\circ}\text{C}$.
Relais	Jumo-Quecksilber-Vertikal-Schalt-Relais GKT 10-S, 220 V, 6 A.
Schaltschütze	Siemens K 915 - 1/H5, Dauerstrom 10 A, Nenneinschaltvermögen 30 A, 2 Schließer und 3 Öffner.
Thermometer	Jumo Laborthermometer mit 200 mm langem Tauchschaft. Meßbereich von -5°C bis $+50^{\circ}\text{C}$. Einteilung $1/5^{\circ}\text{C}$.
Ventilatoren	2 Geschwindigkeiten. Lagerung: Metall in Kunststoff.
Aquarien	Plastikabfalleimer von ungefähr 40 l Fassungsvermögen. Der Querschnitt ist viereckig mit nach außen geschwungenen Seiten. Die Eimer sind im Längsschnitt nach unten konisch verengt. Die chemische Verträglichkeit der Eimer für die Versuchsfische wurde geprüft.

(3) Besatzverhältnisse, Adaptation, Temperaturen, Belichtung

Als Versuchsfische wurden jeweils sieben K1 von 10 cm bis 13 cm Länge pro Aquarium eingesetzt. Sie stammten aus einem sehr schwach besetzten Teich. Sie waren zwar große, aber gegenüber der Norm zurückgebliebene K1. Teilweise waren sie etwas mager und sahen nicht besonders gut aus.

Die Fische wurden innerhalb von 5 Tagen von 12°C an die Versuchstemperaturen adaptiert. Beim Übergang von der Kälteperiode zur Nachhälterung wurden die Aquarien in 4 Tagen auf 11°C erwärmt.

Die Temperaturen waren in den Kästen 1 bis 4 auf 0,5°C, 1,8°C, 3,5°C und 4,0°C eingestellt.

Die Versuche wurden in einem ungenauen Tag-Nacht-Rhythmus mit einer 40 Watt-Leuchtsoffröhre und einer 60 Watt-Glühlampe beleuchtet.

c) Sterblichkeitstabellen und Sterblichkeitsdiagramm
zum Kälte Dauerversuch vom 29.12.1967 - 30.3.1968

- (1) Sterblichkeit während des Versuches in den einzelnen Aquarien. Die Zahlen in den Klammern geben jeweils das Eingehen eines Versuchsfisches in Tagen nach Versuchsbeginn an.

Becken	Verlusttage		Überlebende K1 nach 120 Tagen
	Kälteversuch	Nachhälterung	
1	(11/17/20/46/47)	(-)	2
2	(17/17/23/37/38/41/42)		0
3	(11/23/35/36/80/82)	(-)	1
4	(19/31/32/34/37/43/48)		0
	Wasser zu Versuchsende unschädlich		
5	(30/44/64/79)	(-)	3
6	(28/59/62/79)	(-)	3
7	(68/79)	(-)	5
8	(33/59/86)	(101)	3
9	(13/86)	(102/120)	3
10	(-) Wasser zu Versuchsende kurzfristig letal		
11	(43)	(101)	5
12	(57/84/90/91)	(102)	2
13	(-)	(100/104)	5
14	(75/89/92)	(-)	4
15	(-) Wasser zu Versuchsende un- schädlich		7
16	(50/67/72/80/92/92) Wasser zu Versuchsende längerfristig letal		

(2) Sterblichkeit während des Versuches in den einzelnen Kästen

Kasten	Verlusttage		Überlebende K1 nach 120 Tagen
	Kälteversuch	Nachhälterung	
1	(11/11/17/17/17/19/ 20/23/23/31/32/34/ 35/36/37/37/38/41/ 43/46/47/48/80/82/ 92)	(-)	3
2	(28/30/33/44/59/59/ 62/64/68/79/79/79/86)	(101)	14
3	(13/43/57/84/86/90/91)	(101/102/102/ 120)	10 bzw. 17
4	(50/67/72/75/80/86/89/ 92/92/92)	(100/104)	16 bzw. mehr

Das "bzw. 17" und "bzw. mehr" bezieht sich auf die zu Versuchsende kurzfristig tödlichen Wasserverhältnisse in B10 und die schädlichen Wasserverhältnisse in B16.

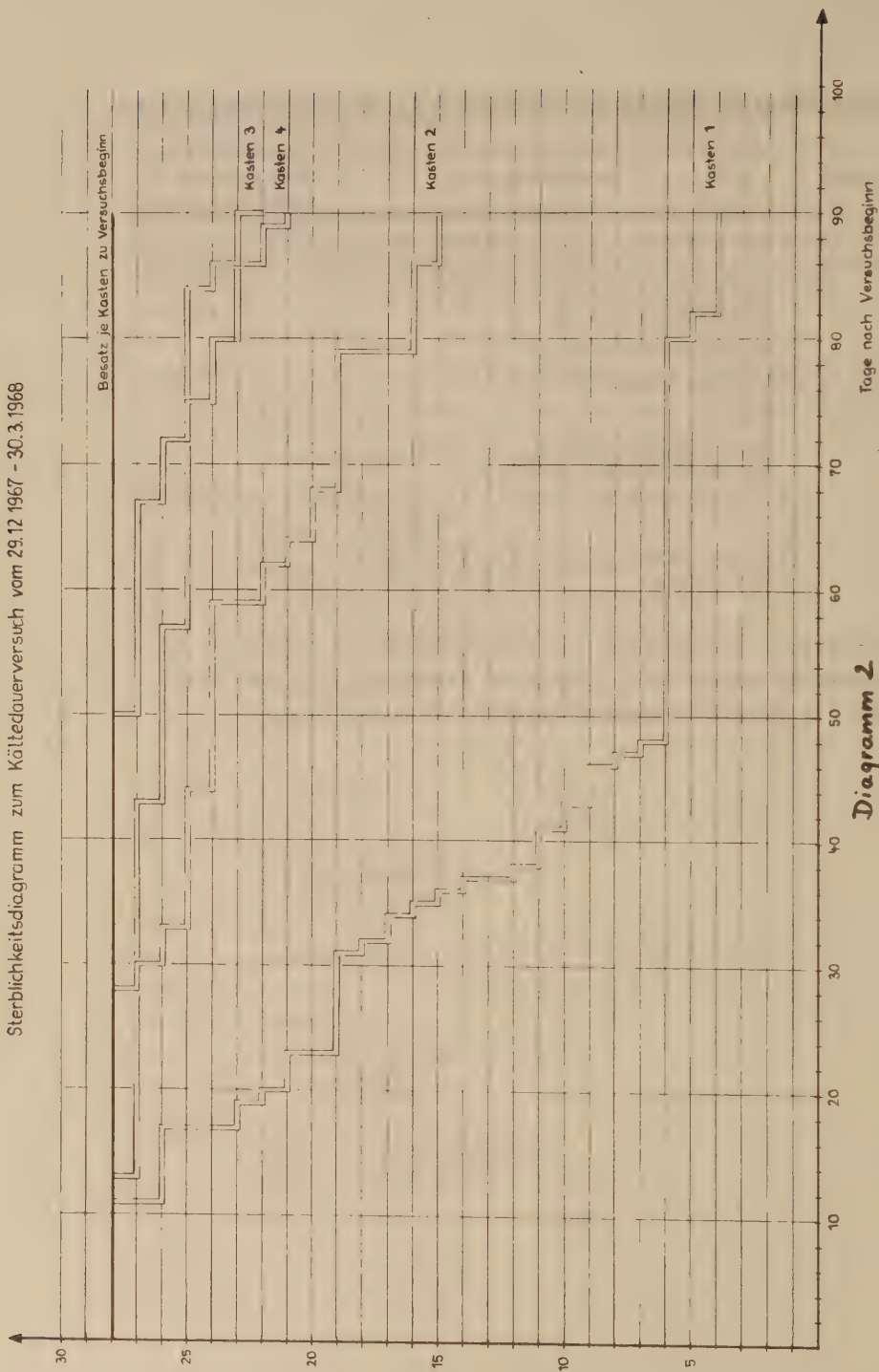


Diagramm 2

d) Ergebnisse

Die Fische im ersten Kasten bei $0,5^{\circ}\text{C}$ gingen schneller ein als die in den anderen drei Kästen bei $1,8^{\circ}\text{C}$, $3,5^{\circ}\text{C}$ und 4°C .

Bei $3,5^{\circ}\text{C}$ und 4°C war die Sterblichkeit etwa gleich, während sie bei $1,8^{\circ}\text{C}$ etwas höher lag. Dieser Unterschied war für eine feste Aussage zu gering.

In den Becken 10 und 16 traten bei 4°C und $3,5^{\circ}\text{C}$ Totalverluste auf, in B10 zwischen dem 88. und 90., in B16 zwischen dem 50. und dem 92. Tag. Die Fische sahen gut aus.

In einem Kontrollversuch bei etwa 12°C kamen jeweils 3 K1 in Wasser aus den Aquarien 10 und 16. Zusätzlich wurden Kontrollen angesetzt mit Wasser aus den Aquarien 4 (hier gingen bei $0,5^{\circ}\text{C}$ alle Fische ein) und 15 (hier überlebten alle Fische bei $3,5^{\circ}\text{C}$).

Es ergab sich:

- (1) Im Wasser von B4 und B15 überlebten alle K1 zwei Wochen bis zum Versuchsende.
- (2) Im Wasser von B10 gingen dagegen alle K1 in zwei Stunden ein, im Wasser von B16 innerhalb 36 Stunden.

Die Fische in B10 starben also während des Kälteversuches wegen ungünstiger Wasserverhältnisse unbekannter Ursache. In B16 wirkte sich zumindestens am Ende des Versuches schlechtes Wasser auf die Sterblichkeit der Fische aus. Im Vergleich zu den anderen drei Becken von Kasten 4 muß ein Schädigungsfaktor bereits zeitiger angenommen werden. Ob ihm ungünstige Wasserverhältnisse zugeordnet oder ob er sogar mit ihnen gleichgesetzt werden darf, ist fraglich.

Die Verluste von B10 blieben in der Kurve (Kasten 3) unberücksichtigt, während die von B16 in die Kurve (Kasten 4) eingezeichnet wurden. Letztere kann als Beispiel dafür dienen, wie eine Letalitätskurve

(Sterblichkeit/Zeiteinheit) durch ungünstige Bedingungen steiler wird. Die Kurve von Kasten 4 müßte also etwas flacher verlaufen.

In Kasten 1 überlebten 3 gut aussehende Karpfen, in den anderen 3 Kästen befanden sich die überlebenden Fische in verschieden gutem Zustand. Man könnte diese Tatsache einmal ausschließlich dadurch deuten, daß zufällig leichter drei gute Fische zusammenkommen als vierzig. Andererseits könnte man die Tendenz herauslesen, daß unter den ungünstigeren Temperaturbedingungen von Kasten 1 die schlechteren Fische eingingen, während der individuellen Variabilität unter den besseren Bedingungen von Kasten 2 bis 4 ein weiterer Spielraum geboten war.

Die Tatsache, daß 3 von 28 Fischen in Kasten 1 bei $0,5^{\circ}\text{C}$ überlebten, weist auf deren größere Resistenz gegen die für die anderen Karpfen tödlichen Bedingungen hin. Die Kurve von Kasten 1 wird im Zusammenhang mit den anderen Versuchen noch genauer diskutiert.

Weder Verpilzung noch Blutergüsse wurden festgestellt, doch zeigte in mehreren Fällen die Körperwand eingegangener Fische grüne Flecken von durchdringender Gallenflüssigkeit über der rechten Brustflosse.

Die Gegebenheiten, unter denen die Versuche angestellt wurden, weichen von denen in einer Winterung ab. Über das Verhalten der Fische unter den Versuchsbedingungen ist auszusagen:

- (1) Ruhe und Aktivität wechselten in jedem der untersuchten Temperaturbereiche.
- (2) Manchmal wichen die Karpfen dem Schein der Taschenlampe sehr langsam aus, manchmal schnell.
- (3) Trotz wechselnder Aktivität war während der Versuchszeit eine steigende Tendenz zu ruhigem Verhalten zu erkennen.
- (4) Normalerweise standen die Fische am Boden der Aquarien, meistens in Gruppen und im Schatten der Kellerbeleuchtung.

- (5) Die Fische standen flach oder mehr oder minder schräg auf dem Schultergürtel. Die Schwimmblase war auch bei schräg stehenden Karpfen im hinteren Teil sehr klein. Die statischen Verhältnisse müßten gesondert untersucht werden.
- (6) Schwache Tiere schwammen träge oben in den Aquarien. Das war oft deutlich zu erkennen. Manche standen mehrere Wochen senkrecht auf dem Kopf.
- (7) Besonders empfindlich erwiesen sich die Fische gegenüber Erschütterungen.

Das Sterben verlief oft über träges Schwimmen, Gleichgewichtsstörungen und Seitenlage, manchmal direkt vom Ruhezustand zur Seitenlage oder in 2 Fällen über steiles Kopfstehen.

Die Fische gingen nicht plötzlich ein. Mehrmals kamen totgewähnte Tiere in der Hand oder in der warmen Kellerluft wieder zu sich und überlebten bei höheren Temperaturen einige Tage.

Die Nachhälterung von 4 Wochen war zu kurz, um verbindliche Aussagen über die weitere Haltung der Fische zu machen. Nach 4 Wochen gingen alle an Ichthiophthirius ein. Sie zeigten bis dahin keine Blutergüsse oder Verpilzungen.

Während der Nachhälterung wurden die Karpfen kräftiger. Anfangs wehrten sie sich beim Herausnehmen aus dem Aquarium heftig, aber nur sehr kurz, während sie später ausdauernder wurden.

Bei der Kontrolle auf Fütterung konnte merkwürdigerweise bei mageren Fischen Kot abgestreift werden, bei den besser genährten Tieren war das seltener möglich.

e) Zusammenfassung der Ergebnisse

- (1) Die einjährigen Karpfen hielten $3,5^{\circ}\text{C}$ und 4°C unter Umständen etwas besser aus als $1,8^{\circ}\text{C}$. Deutlich geringer als gegen diese Temperaturgruppen war die Beständigkeit gegen $0,5^{\circ}\text{C}$.

- (2) Eine Temperaturgrenze ergab sich ähnlich wie bei den Kühlraumversuchen in Nürnberg. Die Fische gingen allerdings in dem vorliegenden Versuch schneller ein. Sie waren in schlechterem Zustand.
- (3) Von den Aussagen über das Verhalten sind die große Empfindlichkeit gegen Erschütterungen sowie das verzögerte Sterben wichtig.
- (4) Von 28 Fischen bei $0,5^{\circ}\text{C}$ überlebten 3. Das wies auf die individuelle Resistenz hin.
- (5) Die Verluste in der Nachhälterung waren zu gering, um sie sicher zu deuten. Meist gingen die schwachen Fische ein. Es traten keine Verpilzungen auf.

2. Dauerkälteversuch vom 16.4.1968 - 16.7.1968

a) Versuchsziel

Der Dauerkälteversuch vom 29.12.1967 bis 30.3.1968 sollte wiederholt werden. Zusätzlich sollten in einem Kasten K1 bei Temperaturen unter 0°C gehalten werden.

b) Versuchsanordnung

Der Versuch lief in den gleichen Apparaturen, wie sie bereits bei dem Experiment vom Dezember 1967 bis März 1968 beschrieben wurden.

Theoretisch bestanden drei Möglichkeiten, den Gefrierpunkt in den Aquarien des unterkühlten Kastens zu erniedrigen: Erhöhung des Druckes, Erzeugung einer Strömung oder Zugabe von Chemikalien. Druckerhöhung wäre, abgesehen von den technischen Schwierigkeiten, zu wenig gefrierpunkterniedrigend gewesen ($0,0075^{\circ}\text{C}/\text{Atmosphäre}$). Eine stärkere Strömung hätte den Versuchsfischen geschadet. So mußten Chemikalien verwendet werden.

Kochsalz wurde ausgesucht, weil EINSELE (1963) es zur Stärkung von Fischen bei Transporten empfohlen hatte und nach SCHÄFERCLAUS (1954) eine 1%ige Lösung auch für K1 auf die Dauer unschädlich war. In dieser Konzentration senkt es den Gefrierpunkt um $0,63^{\circ}\text{C}$. In jedem der Kästen 1 bis 4 wurden zwei Aquarien mit Leitungswasser und zwei mit 1%iger Kochsalzlösung gefüllt, um deren Wirkung in den unterkühlten Becken des Kastens 5 zu kontrollieren.

Die Temperaturen in den Kästen 1 bis 5 wurden eingestellt auf $1,0^{\circ}\text{C}$, $1,5^{\circ}\text{C}$, $2,3^{\circ}\text{C}$, $4,4^{\circ}\text{C}$ und $-0,2^{\circ}\text{C}$.

Als Versuchsfische wurden gut aussehende K1 von 10 cm bis 13 cm Länge verwendet.

c) Sterblichkeitstabellen und Sterblichkeitsdiagramm
zum Kältedauerversuch vom 16.4.1968 - 16.7.1968

Sterblichkeit während des Versuches in den einzelnen Aquarien. Die Zahlen in den Klammern geben jeweils das Eingehen eines Versuchsfisches in Tagen nach Versuchsbeginn an.

Becken	Verlusttage	Überlebende K1 nach 185 Tagen
1	(62)	2
2	(89)	2
3	(60)	3
4	(88)	2
5	(-)	0
6	(87)	0
7	(49/62/80/85/88)	0
8	(88/89/89/91)	0
9	(-)	0
10	(-)	0
11	(-)	5
12	(-)	6
13	(-)	5
14	(-)	5
15	(-)	6
16	(-)	6
17	(48/49/54/56/57)	0
18	(26/28/49/52/76/84/88)	0
19	(65/68/69/70/76)	1
20	(33/33/34/42/61/62)	0

Sterblichkeit in den einzelnen Kästen

Kasten 1	(60/62/88/89)
Kasten 2	(49/62/80/85/87/88/88/89/91)
Kasten 3	(-)
Kasten 4	(-)
Kasten 5	(26/28/33/33/34/42/48/49/49/52/54/56/ 57/61/62/65/68/69/70/76/76/84/88)

Zahl der Fische

Sterblichkeitsdiagramm zum Kältedauerversuch vom 16.4.1968 - 16.7.1968

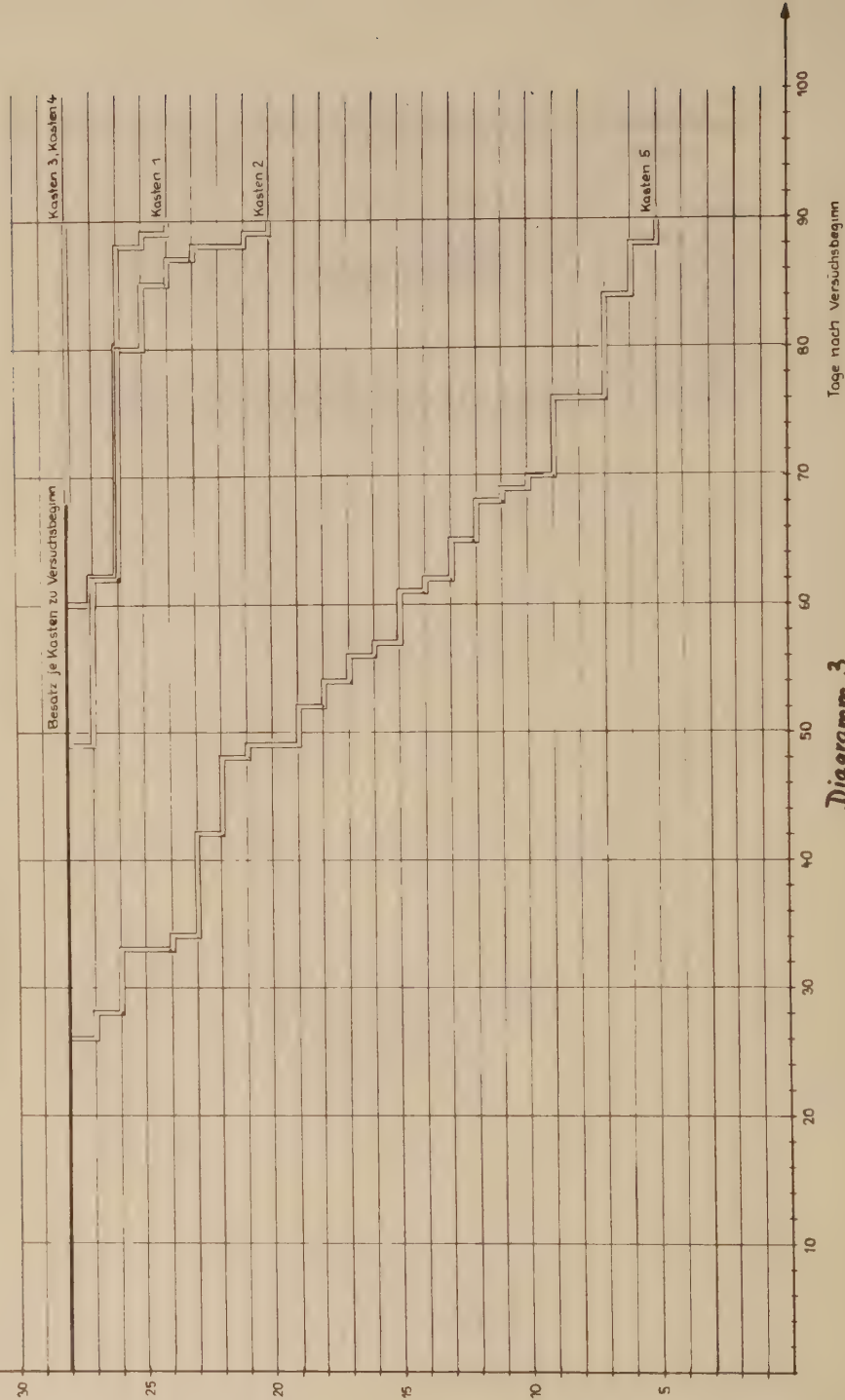


Diagramm 3

d) Ergebnisse

Während bei $2,3^{\circ}\text{C}$ und $4,4^{\circ}\text{C}$ von zusammen 56 K1 in 3 Monaten keine Fische eingingen, überlebten bei $-0,2^{\circ}\text{C}$ von 28 K1 nur 5. Die Karpfen überstanden $1,0^{\circ}\text{C}$ und $1,5^{\circ}\text{C}$ besser als $-0,2^{\circ}\text{C}$. Gegen Versuchsende allerdings traten bei $1,5^{\circ}\text{C}$ so starke Verluste auf, daß in diesem Bereich die Sterblichkeit in der Zeiteinheit größer war als bei $-0,2^{\circ}\text{C}$. Wegen dieser Verhältnisse und der geringeren Letalität bei $1,0^{\circ}\text{C}$ gegenüber $1,5^{\circ}\text{C}$ muß für Kasten 2 auf das Einwirken extremer schädlicher Faktoren geschlossen werden. Welcher Art diese Faktoren waren, ist unbekannt. Möglichkeiten werden im Zusammenhang mit der Diskussion der Ergebnisse der Dauerversuche besprochen.

Die Frage nach der Wirkung der Kochsalzlösung ist vorsichtig zu beantworten:

- (1) Bei $1,5^{\circ}\text{C}$ gingen die Fische in den 2 Aquarien mit Leitungswasser schneller ein als in den anderen beiden Aquarien mit 1%iger Kochsalzlösung. In 90 Tagen überlebten von je 7 K1 in Leitungswasser: B7 2 Karpfen B8 3 Karpfen, in Kochsalzlösung: B5 7 " B6 6 "
- (2) Bei $1,0^{\circ}\text{C}$ waren die Verluste in Leitungs- und Salzwasser mit einem Fisch je Aquarium gleich groß.
- (3) Nach 3 Monaten wurde der Versuch abgebrochen. Die Fische blieben in den Kältestufen, wurden aber nicht mehr regelmäßig kontrolliert. Die Aufzeichnungen über die Verluste in der Folgezeit reichen für eine genaue Weiterführung der Sterblichkeitskurven nicht aus. 6 Monate nach Versuchsbeginn waren bei $2,3^{\circ}\text{C}$ in den beiden Aquarien mit Leitungswasser alle Karpfen eingegangen, während in den beiden Salzwasseraquarien von jeweils 7 Fischen 5 bzw. 6 überlebten.

- (4) Von 7 Fischen Besatz pro Aquarium überlebten bei $4,4^{\circ}\text{C}$ in 6 Monaten in den beiden Leitungswasseraquarien je 5 und in den beiden Salzwasseraquarien je 6 Fische.

Die Unterschiede können für zu gering erachtet (4) oder bei größerem Ausmaß (1 und 3) auf unbekannte schädigende Faktoren zurückgeführt werden. Bei ungleicher Sterblichkeit in Becken mit derselben Temperatur fällt aber auf:

- (1) In beiden Leitungswasseraquarien war die Sterblichkeit der Fische ähnlich.
- (2) Dieselbe Feststellung gilt für die beiden Salzwasseraquarien.
- (3) Im Salzwasser traten immer die geringeren Verluste auf.

Daraus folgt, daß in den beschriebenen Fällen die 1%ige Kochsalzlösung mindestens nicht schädlicher als Leitungswasser war. Es ist anzunehmen, daß diese Feststellung auch auf den Bereich von $-0,2^{\circ}\text{C}$ auszudehnen ist. Sicherer wäre die Aussage, könnte sie mit einem Vergleich der Sterblichkeit von Fischen in Leitungs- und Salzwasser knapp über 0°C belegt werden.

Bei $-0,2^{\circ}\text{C}$ in Becken 19 überlebte ein gutaussehender K1 6 Monate. Das weist auf individuelle Resistenz gegen Bedingungen hin, die für andere Tiere tödlich waren.

Die Fische gingen langsam ein, wie es bereits für den vorigen Versuch beschrieben wurde. Manchmal war der Tod schlecht zu erkennen. Von 3 matten Fischen in B8 ($1,5^{\circ}\text{C}$) kamen z.B. in Wasser von 11°C 2 Fische wieder zu sich.

Die karpfen verhielten sich ähnlich wie im Kälte-dauer-versuch vom 29.12.1967 bis 30.3.1968. Zwischen dem Verhalten in Leitungs- und Salzwasseraquarien war oft kein oder nur ein geringer Unterschied festzustellen. Waren die Fische unter einer der beiden Versuchsbedingungen ruhiger, handelte es sich immer um Salzwasser.

e) Zusammenfassung der Ergebnisse

- (1) Bei $-0,2^{\circ}\text{C}$ gingen die Fische schneller ein als bei $1,0^{\circ}\text{C}$, bei $1,0^{\circ}\text{C}$ schneller als bei $2,3^{\circ}\text{C}$ und $4,4^{\circ}\text{C}$. Der Sterblichkeitsunterschied war zwischen $-0,2^{\circ}\text{C}$ und $1,0^{\circ}\text{C}$ größer als zwischen $1,0^{\circ}\text{C}$ und $2,3^{\circ}\text{C}$. Bei $2,3^{\circ}\text{C}$ und $4,4^{\circ}\text{C}$ traten innerhalb von 3 Monaten keine Verluste auf.
- (2) Diese Aussagen gelten nur für die Versuchszeit.
- (3) In 1%iger Kochsalzlösung gingen gleich viele oder weniger Fische als in Leitungswasser ein.
- (4) Das Verhalten der Karpfen entsprach dem im vorigen Versuch. Manchmal waren die K1 im Salzwasser ruhiger als im Leitungswasser, meistens war kein Unterschied festzustellen.

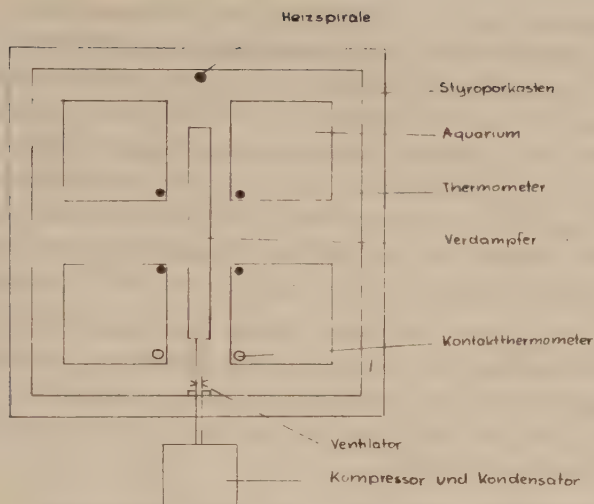
V. Versuche mit schwankenden Temperaturen

a) Versuchsziel

Gegenüber den Versuchen bei konstanten Temperaturen sollte nachgewiesen werden, welche Temperaturschwankungen K1 über welchen Zeitraum aushalten.

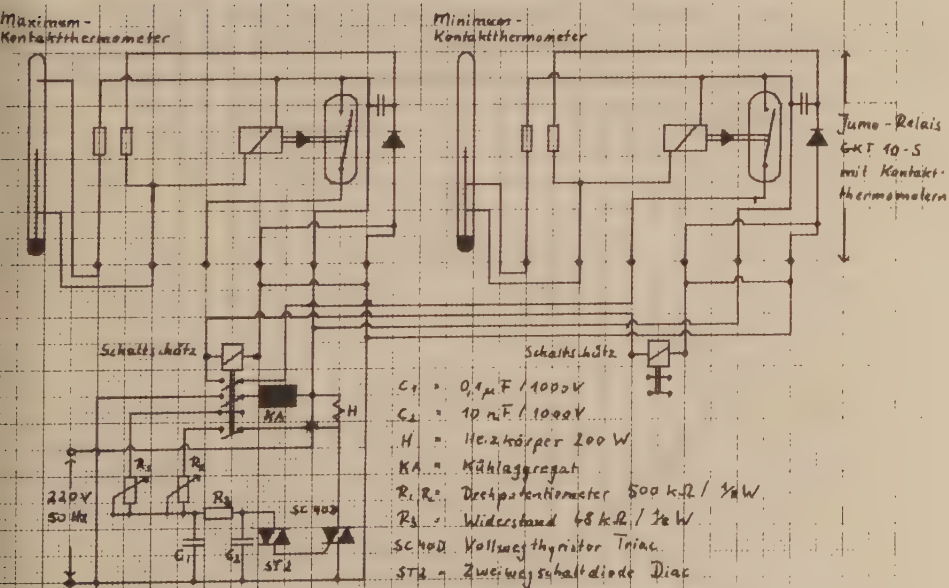
b) Versuchsanordnung

Der Styroporkasten hatte 94 cm x 82 cm Bodeninnenfläche, 60 cm Innenhöhe und 6 cm Wandstärke. 4 rechteckige Glasaquarien (21,5 cm x 32 cm Fläche, 32 cm Höhe) standen darin auf 5 cm hohen Füßen. Der Styropordeckel war so eingepaßt, daß er die Aquarien oben seitlich gegen den in der Mitte des Kastens an einem Holzgestell hängenden Verdampfer abdichtete. Die Anordnung der Aquarien, des Verdampfers, des Ventilators, der Heizung, der Kontaktthermometer und Thermometer ist der Abb. 2 zu entnehmen. Der Heizkörper hatte eine Leistung von 200 Watt, die anderen technischen Daten entsprachen denen der Versuchsbeschreibung zum Kälte-dauerversuch vom Dezember 1967 bis März 1968.



Ansicht auf Versuchsanordnung der Versuche mit abwechselndem Heizen und Kühlen

Abb. 2



Schaltplan für abwechselndes Heizen und Kühlen

Schaltplan 2

Zur Einstellung der oberen und der unteren Temperaturgrenze waren 2 Kontaktthermometer erforderlich. Sie mußten so arbeiten, daß nach einem Schaltvorgang bis zur entgegengesetzten Temperaturgrenze gekühlt bzw. geheizt wurde. Um die Grenzen nicht durch die schwankenderen Temperaturverhältnisse im Luftraum bestimmen zu lassen, mußten gegenüber den Dauerversuchen bei konstanten Temperaturen hier die Kontaktthermometer in die Aquarien selbst reichen.

Das Kühlaggregat war durch einen Thermoschutzschalter vor Überhitzung bei Dauerbetrieb gesichert. Der Kühlvorgang wurde nach Wiedereinschalten fortgesetzt und ausschließlich durch das Minimum-Kontaktthermometer auf Heizung umgestellt.

Der Verdampfer nahm eine bestimmte Wärmemenge pro Zeiteinheit auf (183 kcal/h). Eine langsamere Kühlung konnte nur durch gleichzeitiges Heizen erreicht werden. Die Heizleistung wurde durch Phasenanschnittsteuerung mit einer Thyristorschaltung (Schweizer, 1967) kontinuierlich geregelt. Entsprechend Schaltplan 2 konnte der Heizkörper mit einem Drehpotentiometer auf Heizleistung, mit einem zweiten auf die Leistung der Gegenheizung während des Kühlvorganges eingestellt werden.

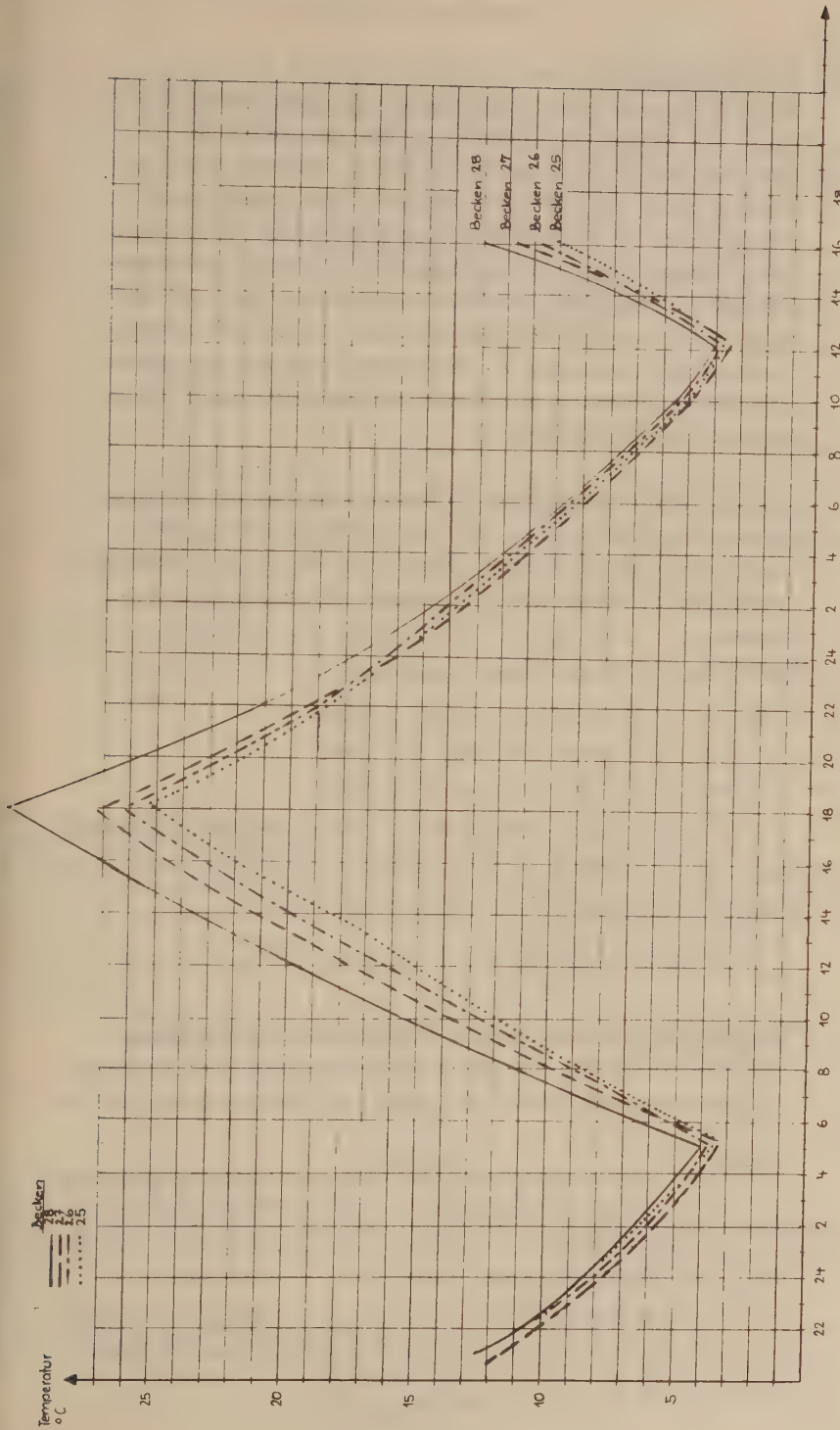


Diagramm 4

Stunden nach Versuchsbeginn

Die Temperaturen der 4 Aquarien wichen im oberen Bereich auseinander, im unteren Bereich waren sie ungefähr gleich (Diagramm 4). Die Heizung lief gleichmäßig 12 Stunden 40 Minuten, während die Kühlung anfangs linear war und später zunehmend langsamer wurde in einer Gesamtzeit von etwa 17 Stunden. Der Kurvenverlauf der Kühlung ist aus dem Zusammenwirken zwischen dem Wärmeschutzschalter und der sich ändernden Temperaturdifferenz der Apparatur im Verhältnis zur Umgebung zu verstehen. Die Spitzentemperaturen hätten durch verstärkte Luftumwälzung ausgeglichen werden können.

Zu den Versuchen wurden K1 von 10 cm bis 12 cm Länge verwendet. Sie wurden bei den ihren Hälterungsbedingungen entsprechenden Temperaturen in die Versuche übernommen. Jedes Aquarium wurde mit 6 Fischen besetzt.

Der Versuch wurde 3 mal angesetzt:

- (1) vom 12.2.1968 bis zum 29.2.1968
- (2) vom 16.4.1968 bis zum 8.5.1968
- (3) vom 11.5.1968 bis zum 31.5.1968

Die Temperaturen schwankten in den einzelnen Aquarien:

B25 3,8°C - 25,2°C
 B26 3,8°C - 26,0°C
 B27 3,2°C - 27,8°C
 B28 3,8°C - 31,2°C

c) Sterblichkeitstabelle und Sterblichkeitsdiagramme

Die Zahlen in den Klammern geben jeweils das Eingehen eines Versuchsfisches in Tagen nach Versuchsbeginn an.

Becken	Versuch		
	12.2. - 29.2	16.4. - 8.5.	11.5. - 31.5.
25	(2,6,6,9,9)	(-)	(4,10,12,13,13,15)
26	(7,10,12,12,13)	(17)	(17,19)
27	(3,5,6,7,12)	(1,1)	(16,17,17,19,20)
28	(1,1,2,2,2,2)	(1,1,1,1,1,1)	(1,4,4,4,5,5)

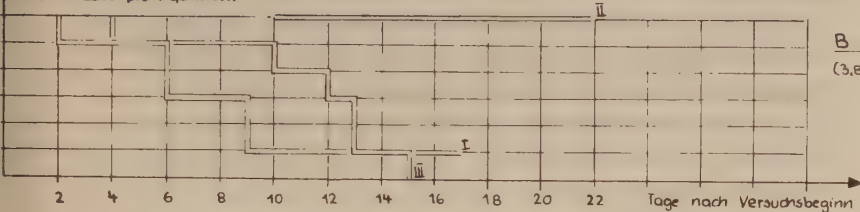
Sterblichkeitsdiagramme zu den Versuchen mit schwankenden Temperaturen

I Versuch 12.2.68 - 29.2.68

II Versuch 46.4.68 - 8.5.68

III Versuch 41.6.68 - 31.6.68

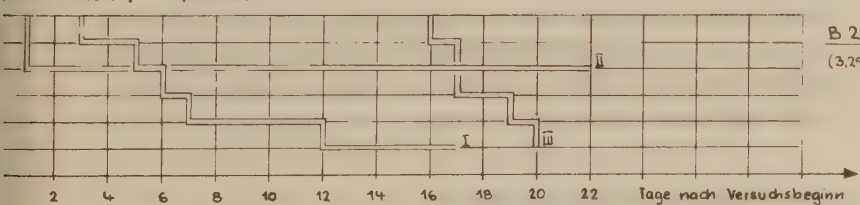
Zahl d. Fische pro Aquarium



Zahl d. Fische pro Aquarium



Zahl d. Fische pro Aquarium



Zahl d. Fische pro Aquarium

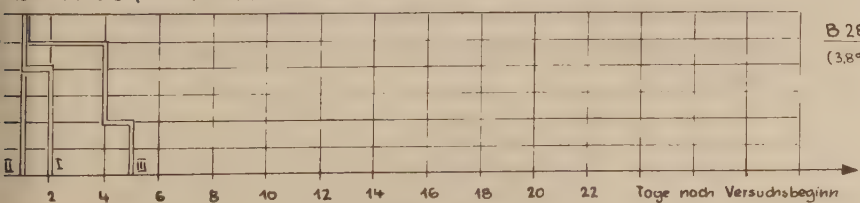


Diagramm 5

d) Ergebnisse

Bei allen 3 Versuchen traten die Verluste in B28 (Spitztemperatur $31,2^{\circ}\text{C}$) schnell ein. Die Fische überlebten hierbei höchstens 3 Heizperioden. Beim 2. Versuch kam nach der ersten Heizperiode ein Karpfen, der auf der Seite lag, durch Umsetzen in kälteres Wasser wieder zu sich.

In den anderen 3 Becken überlebten die Fische unterschiedlich gut bis zu 20 Kühl- und Heizperioden, nach denen die längsten Versuche abgebrochen wurden.

Um die Adaptation beim Wechsel zwischen Heizung und Kühlung festzustellen, wurde nach dem 2. Versuch ein Teil der Fische am oberen, einer am unteren Umkehrpunkt herausgenommen und in einer gesonderten Anordnung mit kontinuierlicher Temperaturerhöhung von $6,5^{\circ}\text{C}$ pro 10 Minuten geheizt. Ruhe, Erregung und wildes Schwimmen wechselten hierbei in unregelmäßiger Reihenfolge. Bei den Fischen, die von der Minimaltemperatur aus geheizt wurden, trieben die ersten bei $33,9^{\circ}\text{C}$ in Seitenlage während die Fische, die von der Maximaltemperatur aus übernommen wurden, bei $34,4^{\circ}\text{C}$ zu treiben begannen. Der Unterschied war gering.

Die Leistungswerte waren zu unscharf, um hier weitere Versuche anzustellen. Außerdem konnten die Leistungswerte extremer Versuche nicht kausal mit der Praxis in Verbindung gebracht werden.

e) Zusammenfassung der Ergebnisse

- (1) Schwankende Temperaturen zwischen etwa 4°C und 28°C wurden von K1 über mehrere Kühl- und Heizperioden (Kühlung ungefähr 17 Stunden, Heizung 12 Stunden 40 Minuten) verschieden gut ausgehalten.
- (2) Diese Temperaturwechsel waren schädlich, da die Fische gehäuft eingingen als bei normaler Haltung.

- (3) Durch die Temperaturspitze von $31,2^{\circ}\text{C}$ wurde die Variabilität der Fische in B28 verhindert bzw. stark eingeschränkt, während sie in den anderen 3 Becken mit Höchsttemperaturen von $25,2^{\circ}\text{C}$ bis $27,8^{\circ}\text{C}$ etwas weiteren Spielraum hatte.

VI. Extreme Hitzeversuche

a) Versuchsziel

Auffallende Leistungswerte (Blutergüsse, Flossensäume, Abstoßen des Schwanzstieles) sollten an einer experimentell leicht zu beherrschenden Grenze

- (a) Aussagen über die Grenze selbst und
- (b) Vergleiche zu teils ähnlich aussehenden Kälteschäden ermöglichen.

b) Versuchsanordnung

Ein 15 l-Aquarium wurde mit einem über Kontaktthermometer und Relais gesteuerten Heiz-Rührwerk auf die gewünschte Temperatur gebracht.

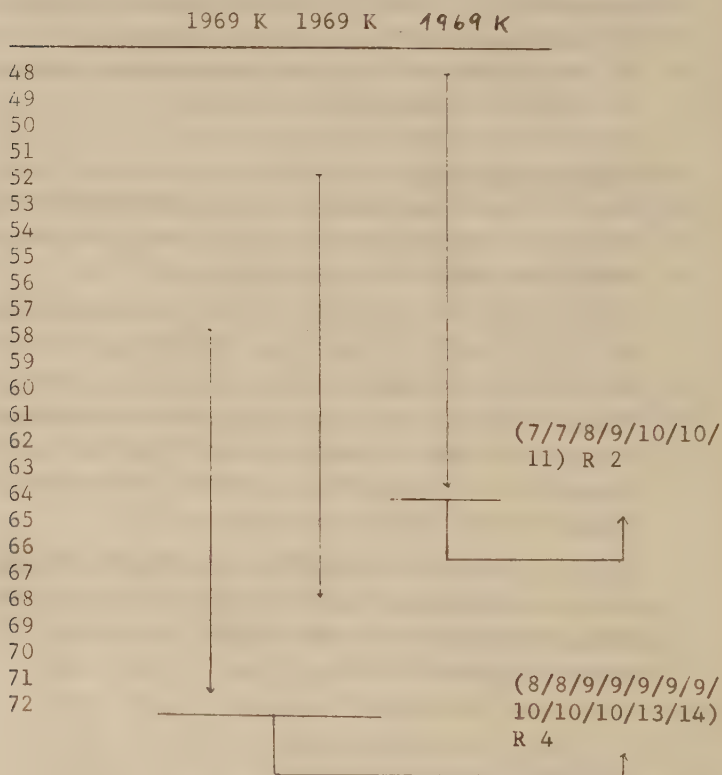
K1 wurden mit einer Holzklammer hinter den Kiemendeckeln eingespannt und verschieden lang (5 Sekunden bis 5 Minuten) senkrecht mit dem hinteren Teil in Wasser (38°C bis 72°C) gehalten. Die Eintauchgrenze verlief entweder hinter dem After oder auf der Höhe des vorderen Ansatzes der Rückenflosse. Die Vor- und Nachhälterung erfolgte bei etwa 14°C .

Für die Versuche im März 1966 wurden 10 cm - 12 cm lange, gut aussehende K1 verwendet, für die Versuche vom Dezember 1968 bis zum Januar 1969 8 cm - 9 cm lange, gut genährte K1.

c) Sterblichkeitstabellen und Sterblichkeitsdiagramme
zu den Hitzeversuchen vom März 1966 und Dezember 1968/
Januar 1969

- K = Körper von hinten bis zum vorderen Ansatz der Rückenflosse eingetaucht.
A = Körper von hinten bis zum After eingetaucht.
(x) = x Tage nach Versuchsanstellung ist der Todestag.
(-) = - Fisch überlebt mindestens 3 Wochen nach Versuchsanstellung
R = Rest

Temperatur (in °C)	Behandlung 5 u. 15 Sek.	Behandlung 30 Sek.
-----------------------	----------------------------	-----------------------



Fortsetzung der Sterblichkeitstabellen und Sterblich-
keitsdiagramme zu den Hitzeversuchen vom März 1966
und Dezember 1968/Januar 1969

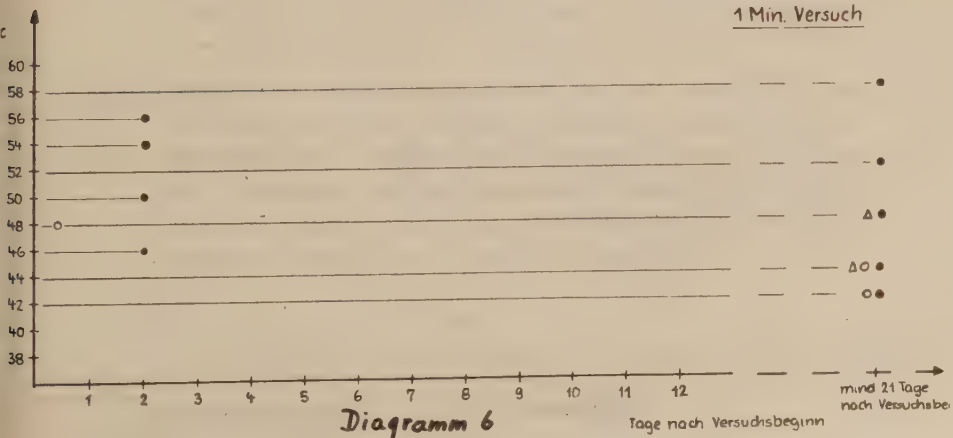
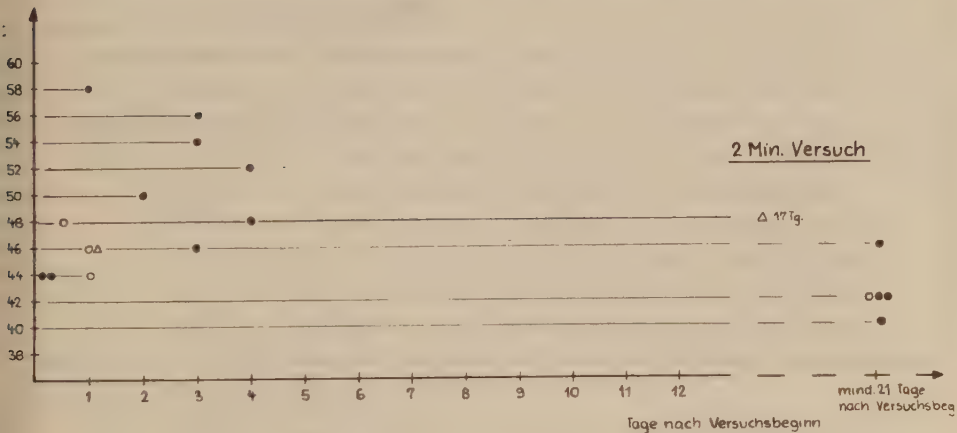
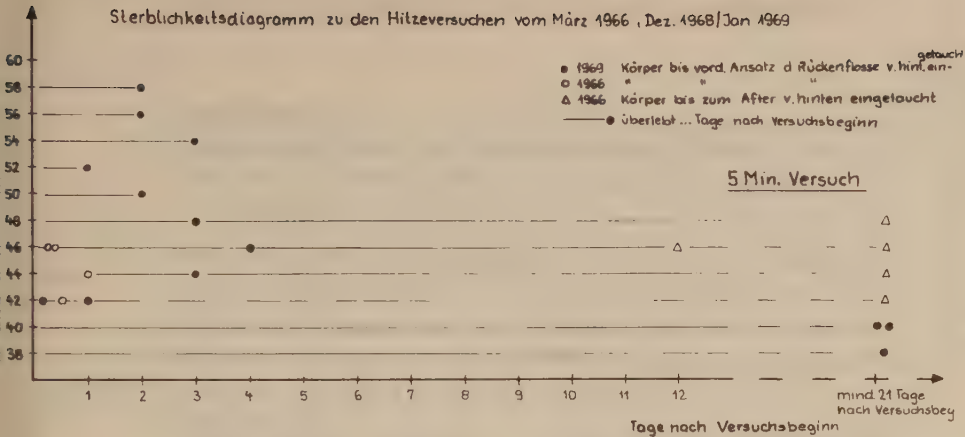
- K = Körper von hinten bis zum vorderen Ansatz der Rückenflosse eingetaucht.
A = Körper von hinten bis zum After eingetaucht.
(x) = x Tage nach Versuchsanstellung ist der Todestag
(-) = - Fisch überlebt mindestens 3 Wochen nach Versuchsanstellung.
R = Rest

Temperatur. (in °C)	Behandlung 30 Sekunden		Behandlung 1 Minute	
	1966 K	1966 A	1969 K	1966 K 1966 A
38				
39				
40				
41				
42			(-)	(-)
43				
44			(-)	(-) (-)
45				
46	(-)	(-)	(2)	
47				
48	(4)	(-)	(-)	(1/3) (-)
49				
50			(2)	
51				
52	(15)	(-)	(-)	
53				
54	(1/8)	(-)	(2)	
55	(1/2)	(-)		
56			(2)	
57				
58	(4)	(8)	(-)	

Fortsetzung der Sterblichkeitstabelle

	Behandlung 2 Minuten				Behandlung 5 Minuten			
	1969K	1969K	1966K	1966A	1969K	1969K	1966K	1966K
38						(-)		
39								
40	(-)				(-)	(-)		
41								
42	(-)	(-)	(-)		(0)	(1)	(1/2)	(-)
43								
44	(0)	(0)	(1)		(3)		(1)	(-)
45								
46	(3)	(-)	(1)	(1)	(4)		(1/4) (1/4)	(-)(12)
47								
48	(4)		(1/2)	(17)	(2)			(-)
49								
50	(2)				(2)			
51								
52	(4)				(1)			
53								
54	(3)				(3)			
55								
56	(3)				(2)			
57								
58	(1)				(2)			

Sterblichkeitsdiagramm zu den Hitzeversuchen vom März 1966, Dez. 1968/Jan 1969



Sterblichkeitsdiagramm zu den Hitzeversuchen vom März 1966, Dez 68/Jan. 1969

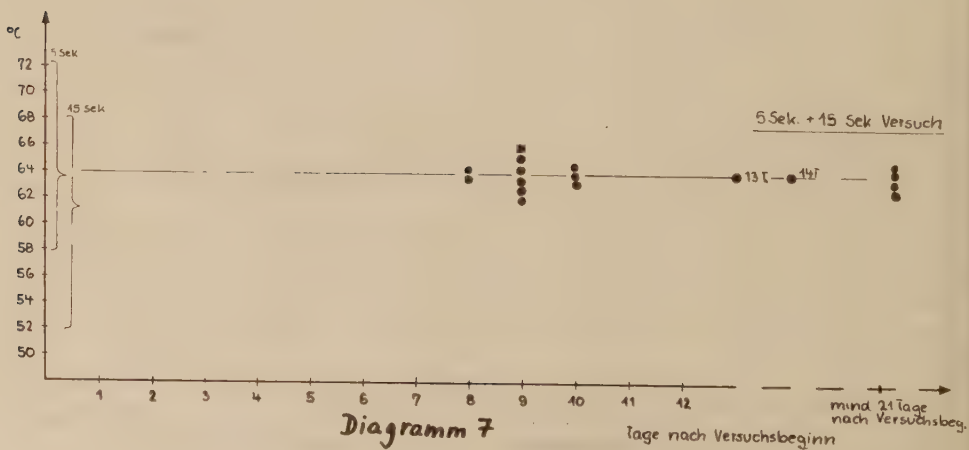
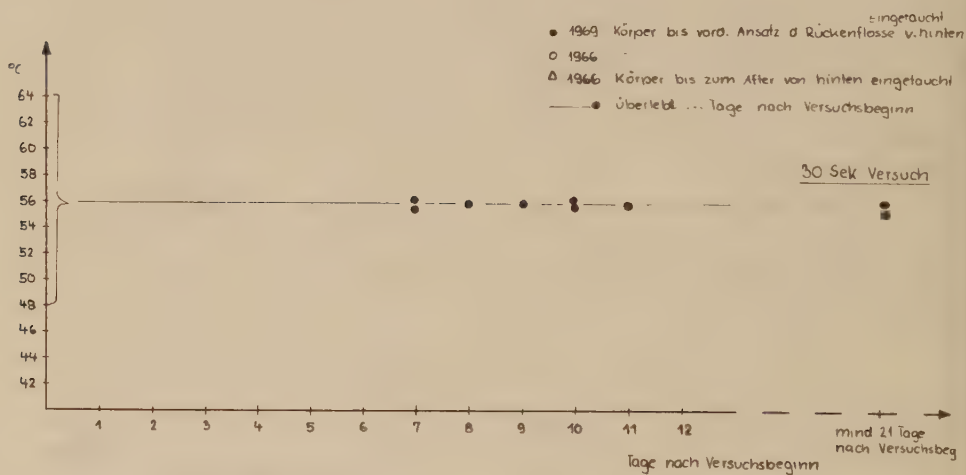
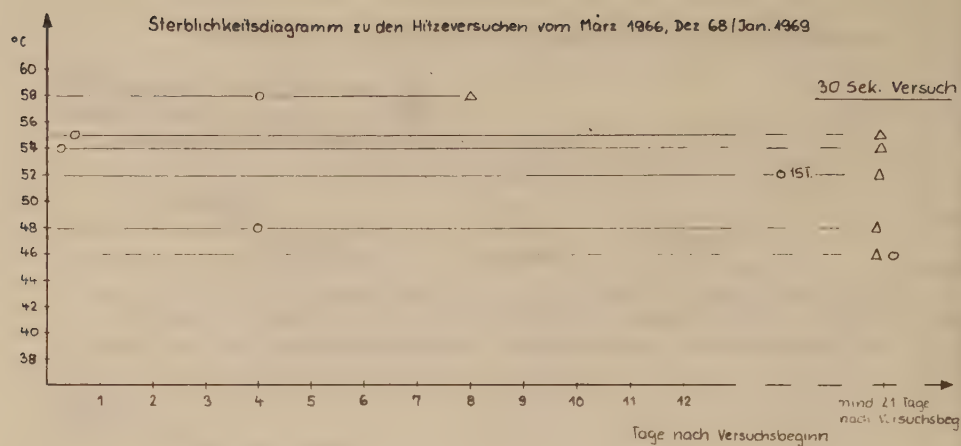


Diagramm 7

d) Ergebnisse

Es handelte sich um Extremversuche. Fische, die bei 42°C ins Wasser fielen, gingen mit Kiemenblutungen ein.

Nur bei geringeren Schädigungen traten Blutergüsse auf, oft erst nach 1 - 2 Minuten Eintauchzeit. Teilweise erschienen sie erst während der Nachhälterung. Sie fehlten bei stärkeren Schädigungen. Hier war die Körperoberfläche stark verschleimt.

Blutergüsse entstanden vor allem an den Flossen; am Körper selbst wurden sie weniger häufig festgestellt. Sie waren dann auf die Seitenlinien sowie auf Verletzungen beschränkt.

Weiterhin wurden verschieden ausgeprägte Flossensäume, die ungefähr parallel zum Flossenrand verliefen, beobachtet. Sie konnten zum Beispiel als helle Streifen von etwa $1/10$ bis $2/3$ der Flossenbreite an einen dunklen, dem Körper zu gelegenen Flossenbereich grenzen. Manchmal war zwischen beiden Zonen ein roter oder brauner Übergang eingeschoben. Auch wurde die Kombination hell-braun-hell festgestellt. Oft waren die Flossen entweder allein oder in Verbindung mit anderen Säumen von feinen schwarzen Streifen umrandet.

Die Versuche wurden mit Tonband protokolliert und ergaben individuelle Unterschiede im Auftreten, in der zeitlichen Ausbildung und in der Intensität von Blutergüssen und Flossensäumen. Beide vergingen wieder in wenigen Stunden bis Tagen.

Die Versuchsbeobachtung ohne genaue Auswertung ließ vermuten, daß das schnelle Eingehen ohne deutliche Merkmale bei stärker geschädigten Fischen gegenüber dem langsamen Sterben schwächer geschädigter Fische auf das Durchbrechen individueller Eigenschaften im weniger schädlichen Bereich hindeutete.

Die genauere Auswertung ergab:

Bei einer Behandlungsdauer von 2 und 5 Minuten war eine Grenze zwischen 40°C und 42°C zu erkennen. 40°C und Temperaturen darunter überlebten die Fische, bei 42°C und darüber gingen sie in den ersten 4 Tagen nach der Versuchsanstellung ein.

Bei 1 Minute Eintauchen des Körpers überlebten die Fische Wassertemperaturen von 42°C, 44°C, 48°C, 52°C und 58°C, während sie bei 46°C, 50°C, 54°C und 58°C 2 Tage nach dem Versuch in einem Zeitraum von weniger als 24 Stunden starben.

Nach einer Behandlungsdauer von 5, 15 und 30 Sekunden war ein Teil der Fische schwach, zeigte nach einigen Tagen Verpilzung mit Saprolegnia und zunehmend Exophthalmus. Die Verluste setzten erst nach 7 bis 8 Tagen ein und erstreckten sich über 5 bis 6 Tage. Auffallend war, daß das Schädigungsbild von dem der Versuche mit einer bis fünf Minuten Behandlungsdauer abwich. Die Hitzeschädigung wirkte sekundär über die Verpilzung tödlich. (Hinweis auf Vergiftungserscheinungen: Exophthalmus). Das bedeutete: Das Fischsterben setzte mit zeitlicher Verzögerung ein. Es erfolgte in einem eng begrenzten Zeitraum.

Die Reihenfolge, in der die 5, 15 und 30 Sekunden lang behandelten Fische eingingen, war nicht mehr festzustellen, da die Flossen ausgefranst und die Markierungen an ihnen nicht mehr zu erkennen waren. Nach dem Schädigungsbild konnte hier folgende Einteilung getroffen werden:

- (1) Die Enden der Schwanzflosse waren gekürzt und sahen wie abgerundet aus.
- (2) Die Flossen franst aus. Einige Strahlen blieben übrig.
- (3) Die Schwanzflosse fehlte völlig und der Schwanzstiel war stumpf.

- (4) Der Schwanzstiel war mit Saprolegnia verpilzt.
- (5) Die Tendenz zum Abstoßen des Schwanzstieles war festzustellen.
- (6) Der Fisch war im geschädigten Bereich verpilzt.
- (7) Der Fisch war ganz verpilzt.

Bei einigen Fischen, die bis zum vorderen Ansatz der Rückenflosse eingetaucht worden waren, wurde der Schwanzstiel abgestoßen (z.B. bei einer Behandlung von einer Minute Dauer bei 48°C.) Die Wärmemenge hatte noch nicht zur Tötung der Fische ausgereicht, aber sie hatte bereits den dünneren Schwanzstiel stark geschädigt.

e) Zusammenfassung

- (1) Normalerweise würden die Fische bei den verwendeten Temperaturen an Kiemenschädigungen eingehen.
- (2) Extreme Schädigungen hatten sofort Verluste zur Folge, die während einer kurzen Zeitspanne auftraten. Schwächere Schädigungen führten sekundär über die Verpilzung mit Saprolegnia zu Fischsterben. Diese setzten verspätet ein, waren aber ebenfalls auf eine kurze Zeit beschränkt.
- (3) Blutergüsse und Flossensäume variierten individuell und zeitlich. Sie waren deswegen als Leistungswert für einen bestimmten Schädigungsgrad unbrauchbar.
- (4) Die Ergebnisse werden grundlegend im Zusammenhang mit anderen Versuchen diskutiert.

VII. Nebenversuche

Einige Versuche sollen der Vollständigkeit halber noch erwähnt werden. Die Suche galt spezifischen Leistungswerten zur Identifikation von Temperaturschäden.

1) Extreme Versuche

- a) K1 wurden mit $6,5^{\circ}\text{C}$ pro 10 Minuten geheizt und die Beobachtungen alle 10 Sekunden auf Tonband protokolliert. Sie entsprachen ungefähr den Beschreibungen von MAUREL und LAGRIFFE (1899), nur stimmt nach meinen Versuchen nicht, daß sich die Phänomene (Steigerung von Bewegung und Atmung, unkoordinierte Bewegungen, Gleichgewichtsverlust, Krämpfe), wie von den beiden Autoren behauptet wird, für die gleichen Arten sehr empfindlich bei den gleichen Temperaturen zeigen und in einer genau festgelegten Reihenfolge auftreten.
- b) Bei wiederholtem Heizen von einem Fisch bis zur Seitenlage und anschließendem Umsetzen in kaltes Wasser bis zur Erholung dauerte die Erholungsphase zunehmend etwas länger.
- c) K1 wurden in einem wassergefüllten Plastikbeutel in flüssige Luft getaucht. Einer kam wieder zu sich, war aber nicht gefroren, wie es zunächst schien, sondern hatte in einer durch den Eismantel gegen die flüssige Luft isolierten Wasserblase überlebt.
- d) Beim Eintauchen des Schwanzstieles in flüssige Luft wurde dieser ebenso abgestoßen wie bei 2 Minuten langem Eintauchen in Wasser von 52°C .

Extreme Versuche sind in der Bedeutung fraglich und sollten schon aus ethischen Gründen nur dort in beschränktem Umfang durchgeführt werden, wo sie für einen speziellen Problemkreis unerlässlich sind.

2) Fütterung

- a) Gefütterte und ungefütterte Fische zeigten bei $0,5^{\circ}\text{C}$ innerhalb eines Monats keinen deutlichen Unterschied in der Sterblichkeit. Nach dieser Zeit wurde der Versuch durch eine technische Störung unterbrochen.
 - b) Bei 2°C wurden Fische gefüttert, die 3 Wochen lang ausgehungert waren. Sie hatten teilweise nach den 3 Wochen immer noch Futter im Darm. Der Darminhalt konnte, zumindestens bei oberflächlicher Betrachtung, nicht als Maßstab für ein momentanes Fressen genommen werden.
 - c) Gefütterte Fische gaben bei 2°C sehr verzögert Kot ab. Die genaue Beurteilung scheiterte an den oben genannten Schwierigkeiten. Diese tastenden Versuche weisen darauf hin, daß Angaben aus der Praxis über Fütterung in der Winterung mit nötiger Vorsicht aufzufassen sind.
 - d) Hungertiere gingen in Schrägstellung, wie sie für Karpfen in Winterungen beschrieben wird und auch teilweise bei den Dauerversuchen beobachtet wurde. Sicher tritt die Schrägstellung nicht in direkter Abhängigkeit von der Temperatur auf, möglicherweise besteht ein Zusammenhang mit dem Hungerstoffwechsel.
- 3) Für die histologische Untersuchung wurde Material fixiert, aber aus bereits beschriebenen Gründen nicht weiter als bis zum Einblocken bearbeitet.

VIII. Arbeit in Verbindung mit der Praxis

Bei vielen Abfischungen wurden Fische vor und nach der Überwinterung überprüft. Gespräche mit Teichwirten regten zum Vergleich von Erfolgen und Mißerfolgen an. Weiterhin wurden im Zusammenhang mit Fischtransporten aus dem Ausland die Hälterungen von Fischgroßhändlern be-
sichtigt. Mehrere Winterungen wurden auf die Temperatur-

verhältnisse hin untersucht und auf die Möglichkeit,
die Verhältnisse zu regulieren.

Diese Tätigkeiten ließen die Arbeit in Verbindung mit
den Problemen der Praxis entstehen.

F Diskussion =====

I. Die Sterblichkeitskurven

1. Die Sterblichkeitskurve allgemein

In der Sterblichkeitskurve ist die Sterblichkeit der Fische in Abhängigkeit von der Zeit aufgetragen. Zwei Werte haben Bedeutung:

- (1) Die Zeitspanne zwischen Versuchsbeginn und dem ersten Auftreten von Verlusten.
- (2) Die Zeitspanne, innerhalb derer die Verluste stattfinden, d.h., die Steilheit der Kurve.

Bei Fischsterben wird die Frage gestellt, welche Einwirkungen zum Tod der Fische geführt haben.

Die Problematik der kausalen Fragestellung soll an Hand der Sterblichkeitskurve diskutiert werden.

- (1) Man kann davon ausgehen, daß ein Fisch ohne irgend eine Schädigung grundsätzlich überlebt. Die Sterblichkeitskurve für dieses Tier läuft parallel zur x-Achse.
- (2) Geht ein einzelner Fisch ein, liegt eine Schädigung für das Individuum vor.
 - (a) Die Schädigung kann kausal angesprochen werden, wenn sie alle anderen in Frage kommenden Faktoren extrem überlagert, z.B. bei einem Unfall.
 - (b) Wirken subletale Faktoren zusammen, sind mehrere Faktoren ähnlicher Stärke verantwortlich. Die Schädigung kann nicht kausal angesprochen werden.
- (3) Gehen von mehreren Fischen in großen Zeitabständen Einzeltiere ein, gelten für das Individuum die oben angeführten Überlegungen. Die Todesursachen können jeweils verschieden sein.

- (4) Für den Fischbestand insgesamt ist bei diesen vereinzelt Sterben die Schädigung, die zum Tod des Individuums geführt hat, subletal oder nicht vorhanden.
- (5) Die Entscheidung, ob ein Faktor subletal schädigend wirkt, ist für eine größere Zahl von Tieren möglich, vorausgesetzt, man kann den Faktor quantitativ erfassen, abändern und unter sonst konstanten Bedingungen seine Auswirkung vergleichend untersuchen.

Eine schädliche Temperatur ist ein schädigender Faktor wie andere schädigende Faktoren auch. Sie läßt sich aber gegenüber den meisten anderen Faktoren genau dosieren. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, bei sonst konstanten Bedingungen die Schädlichkeit zweier Temperaturen miteinander zu vergleichen.

- (6) Im flachen Kurvenbereich wirken mehrere Faktoren zusammen, von denen einer die Temperatur ist. Gegenüber dem schädlichen Einfluß der Temperatur, der im vergleichenden Experiment nachzuweisen ist, variieren die anderen Faktoren in der Schädlichkeit. Da verschiedene Faktoren von verschiedener Stärke an verschiedenen Stellen angreifen und in der Kombination verschieden intensiv wirken können, ist in dem flachen Kurvenbereich keine kausale Aussage darüber möglich, wo die Schädigung angegriffen hat. Das bedeutet aber, daß die Sterblichkeit hier der einzige repräsentative Leistungswert für die Schädigung ist.
- (7) Überlagert ein schädlicher Faktor die anderen so extrem, daß er in der Hauptsache die Todesursache darstellt, besteht auch die Möglichkeit, die Angriffspunkte seiner Wirkung kausal zu erforschen.

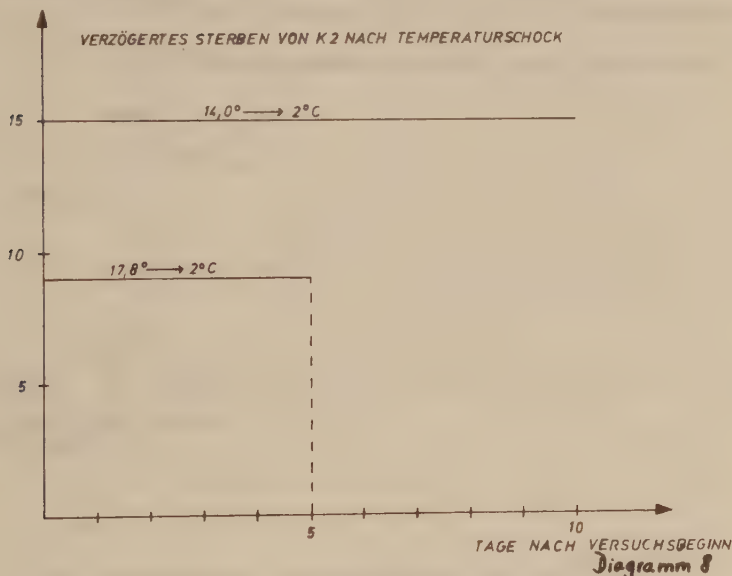
2. Die Sterblichkeitskurven aus den Versuchen

a) Beispiele schädlicher Faktoren

(1) Verzögertes Sterben von K2 im November 1966

K2 wurden von $17,8^{\circ}\text{C}$ und von $14,0^{\circ}\text{C}$ in ein gemeinsames Becken von 2°C gesetzt. Die Fische, die den größeren Temperaturwechsel durchgemacht hatten, starben nach 5 Tagen Aufenthalt bei 2°C innerhalb weniger Stunden. Die anderen überlebten diese Zeitspanne ohne Verluste.

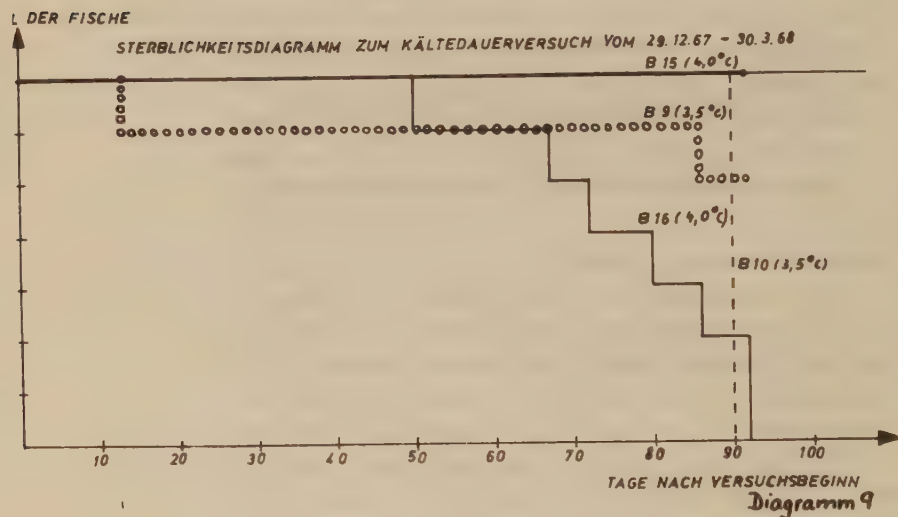
ZAHLE DER FISCHES



Der schädliche Einfluß war so stark, daß die Fische ihm gegenüber in der Sterblichkeit kaum variierten. Da nur die wärmer adaptierte Gruppe von K2 einstieg, wurde der Temperaturwechsel von $17,8^{\circ}\text{C}$ auf 2°C Dauertemperatur für das Sterben verantwortlich gemacht.

(2) Dauerversuch Dezember 1967 bis März 1968. B10.3,5°C

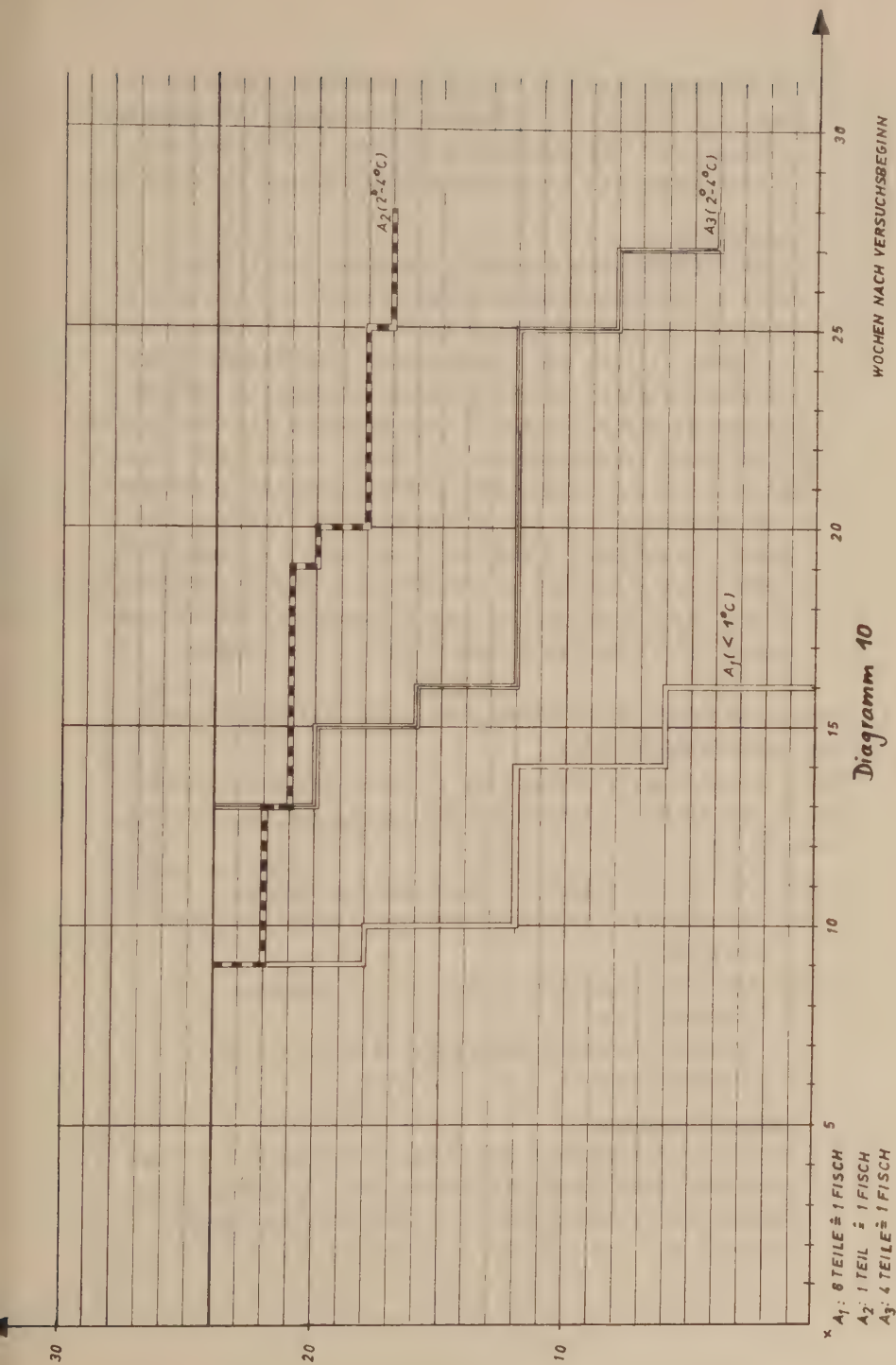
Der steile Abfall der gestrichelten Kurve ohne vorherige Verluste bedeutet, daß die Variabilität der Fische plötzlich eingeschränkt wurde. Im Wasser konnte ein starker Schädlichkeitsfaktor nachgewiesen werden: Drei zur Kontrolle eingesetzte K1 gingen darin bei 12°C innerhalb von 2 Stunden ein (Diagramm 9)



Die zum Vergleich aufgetragene Sterblichkeit in B9 bei ebenfalls 3,5°C war gering.

(3) Dauerversuch Dezember 1967 bis März 1968. B15/B16. 4,0°C

In B15 überlebten alle Fische 3 Monate Versuchsdauer. In B16 waren sie schädigenderen Faktoren ausgesetzt (Diagramm 9). In einem Kontrollversuch überlebten 3 K1 die Bedingungen von B15 bei 12°C 2 Wochen lang bis zum Versuchsende. Im Wasser von B16 starben alle 3 Kontrollfische innerhalb von 36 Stunden.



Die Tatsache, daß die Fische beim Dauerversuch langsamer als beim Kontrollversuch eingingen, ist zumindest teilweise mit der geringeren Wirkung von Giften auf Poikilotherme bei niedrigeren Temperaturen zu erklären.

(4) Kausalität

Im Kühlraumversuch ergaben sich neben der flachen Kurve A₂ der Sterblichkeit der bei 2°C bis 4°C gehaltenen Fische zwei steilere Kurven (A₁, A₃) (Diagramm 10). Die Kurve A₁ gibt die Sterblichkeit der Fische unter 1°C wieder. Kurve A₂ zeigt die Sterblichkeit extrem kleiner K1 bei 2°C bis 4°C. Die größeren Karpfen hielten im gleichen Temperaturbereich besser durch. Ihr Gewicht hatte für die Reihenfolge der Sterblichkeit untergeordnete Bedeutung. Von den extrem kleinen K1 gingen zunächst die mit 4,5 g bis 6,2 g ein und 9 Wochen später die mit 7,4 g bis 7,6 g. Auf Grund dieser Beobachtungen wurden für die extrem kleinen K1 mangelnde Nahrungsreserven als lebensbegrenzender Faktor angenommen.

b) Schädliche Temperaturgrenze, zeitliche Verschiebbarkeit von Grenzen, Zeitfaktor

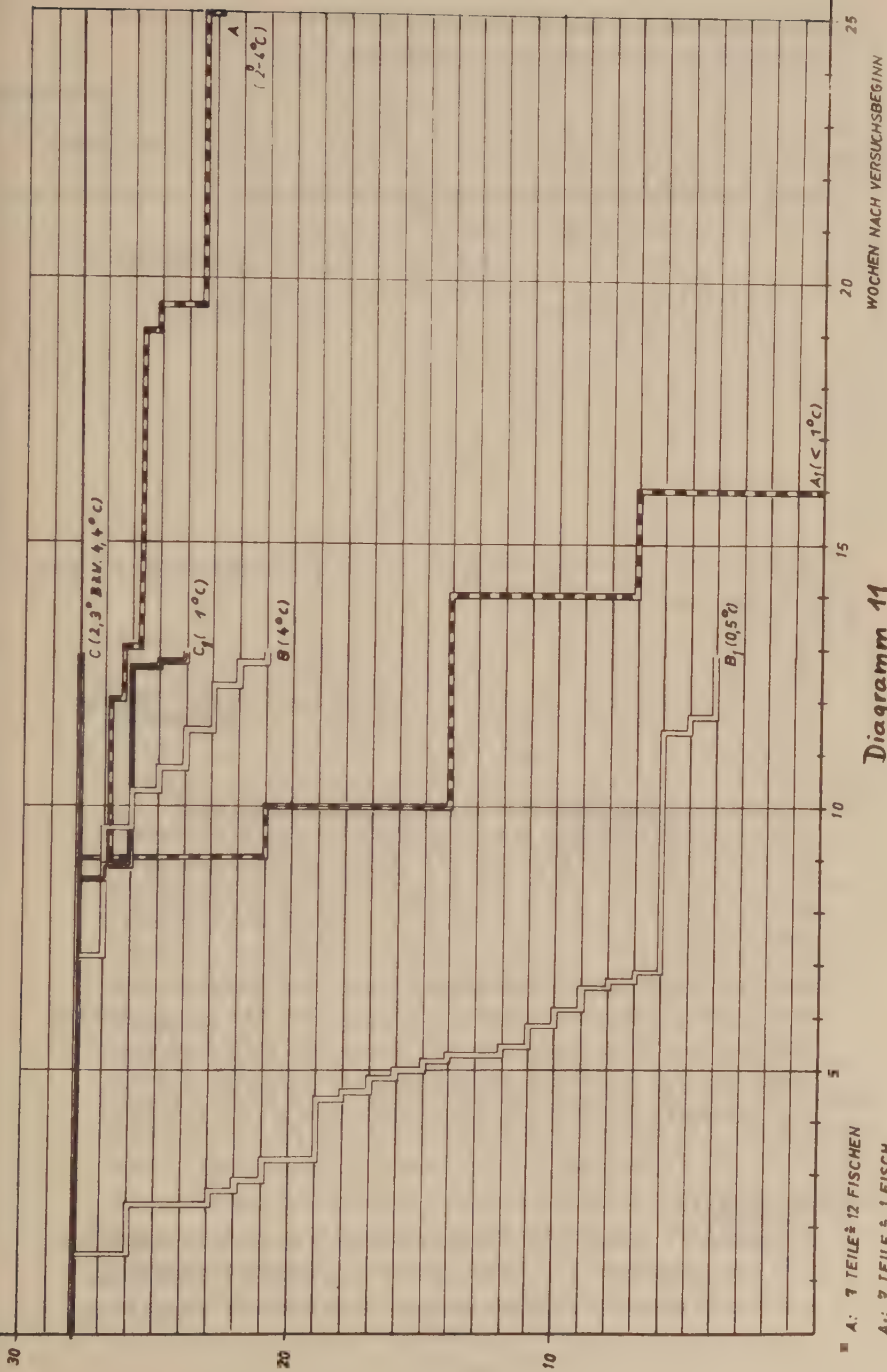
Die 3 Kurvenpaare von Diagramm 11 geben die Sterblichkeit von K1 bei Temperaturen über 2°C und bei 1°C und darunter wieder.

Die Kurven wurden folgenden Versuchen entnommen:

- A, A₁: Versuche in einem Kühlraum vom Januar 1967 bis Juli 1967
- B, B₁: Versuche in gekühlten Kästen vom Dezember 1967 bis März 1968
- C, C₁: Versuche in gekühlten Kästen vom April 1968 bis Juli 1968

(1) Temperaturgrenze

Bei allen 3 Versuchen waren Temperaturen von 1°C und darunter schädlicher als solche von 2°C und darüber. Während der Versuchsdauer lag die Wirkung von 2°C näher an der von 4°C als an der von 1°C.

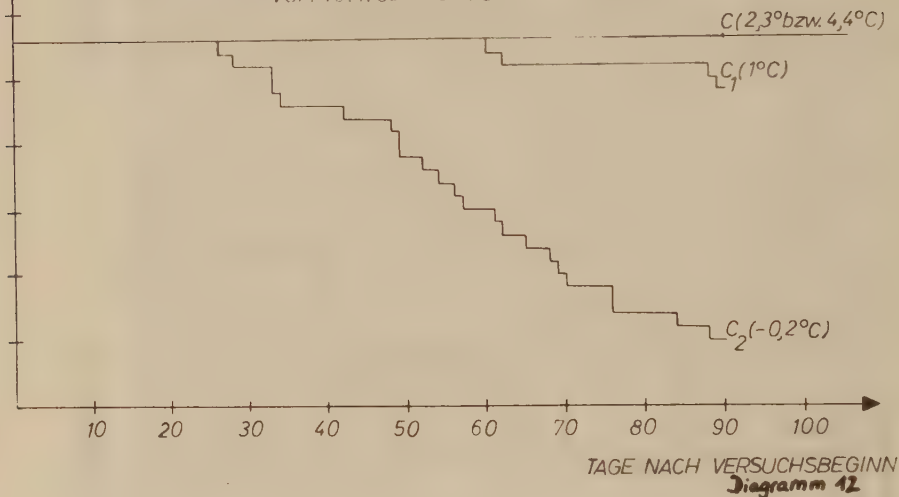


Wie Diagramm 12 zeigt, waren Temperaturen von $-0,2^{\circ}\text{C}$ wiederum schädlicher als solche von 1°C .

DER FISCHE

STERBLICHKEITSDIAGRAMM ZUM KÄLTEDAUERVERSUCH

VOM 16.4.68 – 16.7.68



(2) Zeitliche Verschiebbarkeit der Temperaturgrenze

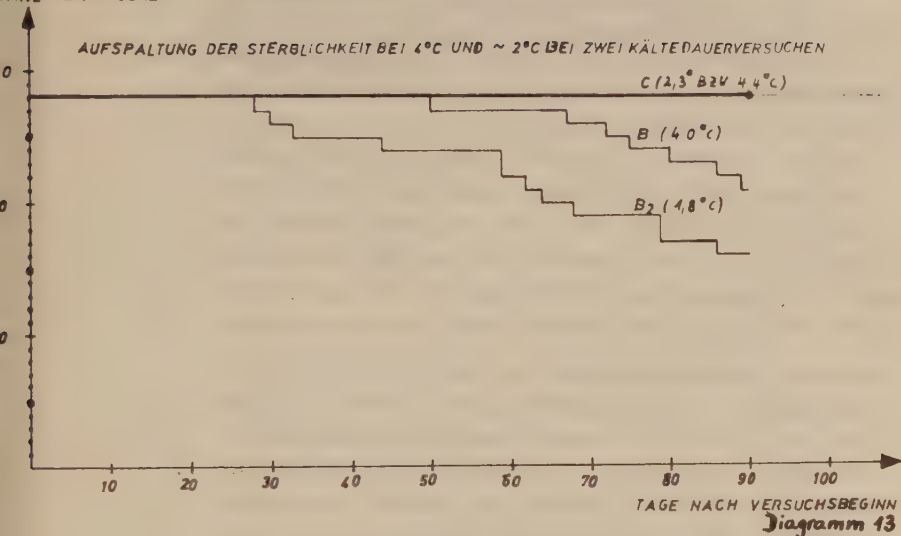
Die unterschiedliche Schädlichkeit von Temperaturen zwischen ungefähr 0°C und 4°C wurde im Verhältnis zueinander unter sonst ähnlichen Versuchsbedingungen festgestellt.

Das zeitliche Zustandekommen dieser Unterschiede war von zusätzlichen Faktoren abhängig. Bei den schlechteren Fischen des Dauerversuchs vom Dezember 1967 bis März 1968 (B, B₁) trat die Sterblichkeit eher auf als bei dem besseren Besatz des Versuchs vom April bis Juli 1968 (C, C₁). (Diagramm 11)

(3) Zeitfaktor

Diagramm 13 zeigt die Sterblichkeit von K1 bei ungefähr 2°C und ungefähr 4°C . Zwei Dauerversuche mit besseren und schlechteren Fischen werden miteinander verglichen.

ZAHL DER FISCHE



Bei den schlechteren Fischen von Versuch B trat ein Unterschied in der Sterblichkeit zwischen 1,8°C und 4,0°C nach 59 Tagen auf. Versuch C mit den besseren Fischen verlief bei 2,3°C und bei 4,4°C ohne Verluste. Die Aussagen gelten nur für die Versuchsdauer. Zum Beispiel wären etwa 3 Wochen nach Versuchsbeginn die Wirkungen von 1,8°C und 4,0°C für Versuch B als gleich unschädlich beurteilt worden. Später traten bei 1,8°C größere Verluste auf als bei 4,0°C. Ebenso hätte sich für Versuch C später noch eine unterschiedliche Schädlichkeit von 2,3°C und 4,4°C herausstellen können.

Dieser Vergleich zwischen dem Versuch mit den schlechteren und dem mit dem besseren Fischen ist ein möglicher Hinweis auf eine zeitliche Vorverlegung der Schädlichkeit eines Faktors durch andere ungünstige Faktoren. Feste Daten dürfen nur für den Zeitraum der Untersuchung und für die zu dieser Zeit herrschenden Bedingungen gegeben werden.

o) Resistenz

Bei dem Dauerversuch vom April 1968 bis zum Juli 1968 überlebten 3 von 28 K1 bei 1°C und einer von 28 bei $-0,2^{\circ}\text{C}$ 6,5 Monate lang.

II. Einteilung der Temperatureinwirkung nach der Zeit

1. Folgerung aus den Langzeitversuchen

Temperaturen unter 1°C sind schädlicher als Temperaturen über 2°C . $-0,2^{\circ}\text{C}$ ist schädlicher als $1,0^{\circ}\text{C}$. Die Schädlichkeit von Temperaturen kann bei sonst gleichen Versuchsbedingungen (Umgebung, Fische) im Verhältnis zueinander festgelegt werden, jedoch nicht zeitlich. Durch zusätzliche Faktoren sind die Sterblichkeitskurven auf der Zeitachse verschiebbar. Das heißt, Aussagen über die Temperatureinwirkung dürfen nur für den untersuchten Zeitraum unter speziellen Versuchsbedingungen gemacht werden.

Ein flacher Verlauf der Letalitätskurve bedeutet, daß die Fische einem schwachen Faktor gegenüber in der Empfindlichkeit stark variieren. Der Tod der Fische ist durch das Zusammenwirken dieses schwachen Faktors mit anderen Faktoren, die ihm unter Umständen gleichwertig sind, zu erklären. Durch das Zusammenwirken mehrerer Faktoren ist keine spezifische Beantwortung des Tieres gegenüber einem Faktor zu erwarten. Damit wird die kausale Frage nach spezifischen Leistungswerten, mit Ausnahme der Frage nach der Letalität, gegenstandslos. Die Letalität repräsentiert das Zusammenwirken aller Schädlichkeitsfaktoren.

2. Kurzzeitversuche im Vergleich zu Langzeitversuchen

Hier werden die Faktoren so stark dosiert, daß die Fische in kurzer Zeit auf sie reagieren. Diese Faktoren überlagern die schwachen Faktoren, die bei den Langzeitversuchen die individuelle Variabilität bedingen. Das Tier kann spezifisch auf den Schädigungsfaktor reagieren und die kausale Frage kann untersucht werden. Die Sterblichkeit bedeutet hier einen groben Leistungswert, der durch feinere zu ersetzen ist.

Zwischen Lang- und Kurzzeitverhältnissen ist also grundsätzlich scharf zu unterscheiden. Mit Kurzzeitversuchen sind nur starke Einflüsse, die in der gleichen kurzen Zeit eingewirkt haben, nachzuweisen. Ergebnisse, die auf die Praxis bezogen werden, müssen die gleichen zeitlichen Voraussetzungen erfüllen.

3. Die Zeit nach Wegfall des schädigenden Einflusses

Dieser Bereich kann entweder einer kurzfristigen oder einer langfristigen Temperatureinwirkung folgen. Beispiele:

a) Die Zeit nach einer kurzfristigen Temperatureinwirkung

Beim Eintauchen des Körpers in Wasser über 42°C bei einer Zeit von 2 oder 5 Minuten gingen die Fische primär in 3 Tagen ein. Bei 30 Sekunden und darunter starben sie infolge von Verpilzung mit Saprolegnia als Sekundärschaden.

b) Die Zeit nach einer langfristigen Temperatureinwirkung

Die Beispiele müssen der Praxis entnommen werden. Sie sind experimentell nur unter großen Aufwand und Risiko zu erfassen.

- (1) Fischsterben nach strengen Wintern, deren Ursachen schlecht zu erfassen sind, werden auf schlechte Überwinterungsbedingungen zurückgeführt.
- (2) Die Fische können sekundär an Verpilzungsercheinungen sterben. In kurzfristigen Hitzeversuchen wurden Sekundärschäden erfaßt.
- (3) Durch die Winterung geschwächte Tiere sind anfällig gegen Krankheiten, z.B. gegen infektiöse Bauchwassersucht.

4. Die Wirkung von Temperaturen ist in 3 zeitliche Bereiche zu trennen

- (1) Kurzfristige Einwirkung
- (2) Langfristige Einwirkung
- (3) Nachwirkung

5. Die Adaptation

Die Adaptation gehört nicht zu der Einteilung der Temperaturwirkungen in die 3 Zeitbereiche. Sie ist die notwendige Voraussetzung für Experimente im Langzeitbereich.

Der Begriff Adaptation soll hier ohne Berücksichtigung der in der Literatur getroffenen Trennung von Adaptation und Akklimatisation nur die langsame Gewöhnung der Fische an die Umweltbedingungen ausdrücken.

III. Anwendung der experimentellen Befunde

1. Anwendung auf die Praxis

Außer bei extremer Einwirkung schädigender Faktoren liegt die Praxis im Langzeitbereich.

a) Fischsterben durch Schädigungen in Winterungen

- (1) Fließt Öl in Winterungen, können die Fische zunächst aufgeschreckt werden und am Eis festfrieren oder sich mechanisch beschädigen. Diese Art der Schädigung ist meistens sofort zu beobachten. Nicht sofort festzustellen ist aber, daß durch ungünstige Umweltbedingungen die durch die Temperatur und andere Faktoren gekennzeichnete Sterblichkeitskurve so verschoben wird, daß die Fische zu einem früheren Zeitpunkt eingehen. Jede Verschlechterung der Lebensbedingungen ist für Schäden im Langzeitbereich mit verantwortlich zu machen.

Die Anwendung von Letalkonzentrationen, die im Kurzzeitbereich ermittelt wurden (z.B. 50% Sterblichkeit in 24 Stunden), auf den Langzeitbereich ist unzulässig. Wie in der Diskussion zur Sterblichkeitskurve ausgeführt wurde, ist die einzige Möglichkeit, Schäden im Langzeitbereich als solche zu kennzeichnen der Vergleich mit einem ähnlichen Langzeitbereich ohne den schädigenden Faktor. Das bedeutet, daß die Verluste mit denen in anderen Jahren (mit entsprechender Vorsicht) zu vergleichen sind. Verstärktes Fischsterben ist auf die zusätzlichen schädlichen Faktoren zurückzuführen.

- (2) Zum Eingehen von Speisekarpfen nach dem Transport aus Südfrankreich nach Hamburg ist auf Grund der vorliegenden Untersuchungen festzustellen:

Die Temperatur von $0,5^{\circ}\text{C}$ war, wie die Dauerversuche erwiesen, sehr ungünstig. Hinzu kamen

Faktoren, die die Sterblichkeitsgrenze in einen früheren Bereich drängten. Hierzu rechnen der Transport der Fische, die Wasserverschmutzung und unter Umständen mangelnde Adaptation. Die Möglichkeit der verzögerten Wirkung eines Temperaturschocks wurde experimentell belegt. Auf Grund der Kenntnis der Verschiebbarkeit von Schädlichkeitsgrenzen im Langzeitbereich durch schädigende Faktoren ist es unzulässig, Faktoren wie die Wasserverschmutzung ohne Berücksichtigung der anderen Verhältnisse im Vergleich mit anderen Jahren als für die Fischhaltung unbedenklich zu bezeichnen.

b) Maßnahmen für die Überwinterung

Die Teichwirte haben als Praktiker ohne Kenntnis der Gesetzmäßigkeiten durch Beobachtung dessen, was günstig ist und was nicht, die richtigen Maßnahmen getroffen. Sie haben damit als Methode den Vergleich im Langzeitbereich gewählt, wie er bei der Diskussion der Sterblichkeitskurve besprochen wurde. Als Ergebnis der vergleichenden Beobachtungen werden die beeinflussbaren Faktoren günstig gestaltet. Damit wird die Sterblichkeitskurve weiter in den Langzeitbereich geschoben:

- (1) Durch das Anlegen tiefer Winterungen wird das Wasser am Grund auf 2°C bis 4°C gehalten.
- (2) Große, parasitenfreie, gut gefütterte Fische, die vorsichtig abgefischt wurden, bringen eine gute Kondition mit in die Winterung.
- (3) Die Umweltverhältnisse werden ebenfalls berücksichtigt.. Der Teich wird sauber gehalten. Leichter Durchfluß sorgt für die Sauerstoffzufuhr. Das Wasser soll leicht alkalisch sein.
- (4) Durch Umleitungsgräben werden die Winterungen vor kaltem, teils saurem Schmelzwasser geschützt.
- (5) Die Fische sollen möglichst nicht in der Ruhe gestört werden.

- (6) Im Frühjahr brauchen die Fische sofort genügend Nahrung.

Die Streitfrage der Fütterung der Karpfen in der Winterung kann nur durch praktische Versuche entschieden werden. Gegner und Befürworter wollen den Karpfen möglichst günstige Bedingungen bieten. Sicher kommen die Fische nicht zur Ruhe, falls sie fressen. Fraglich ist, ob ein möglicher Nutzen der Fütterung diesen Schädigungsfaktor überkompensiert.

2. Anwendung auf Streitfragen aus dem Langzeitbereich

Erscheinungen im Langzeitbereich kommen durch das Zusammenwirken mehrerer Faktoren zustande. Wie bereits erwähnt wurde, hat selbst die Physiologie Schwierigkeiten, Ergebnisse exakt zu reproduzieren (FRECHT 1951). Werden die Beobachtungen interpretiert mit Berücksichtigung des Zeitfaktors, der mit ihm verbundenen Variabilität und der zeitlichen Verschiebbarkeit der Wirkung exakt zu dosierender Faktoren durch zusätzliche Faktoren, so sind auch die von zwei festen Standpunkten aus zunächst nicht vereinbaren Meinungen miteinander in Einklang zu bringen. Wichtig für die Beurteilung ist, die Begleitumstände möglichst vollständig zu erfassen.

3. Anwendung auf das Problem der Trennung von Physiologie und Praxis in Bezug auf Temperaturfragen

Physiologie und Praxis folgen in den verschiedenen Zeitbereichen unterschiedlichen, aufeinander nicht anwendbaren Gesetzmäßigkeiten: Je kurzfristiger die Einwirkung eines Faktors untersucht wird, desto extremer muß er gewählt werden, um in der kurzen Zeit eine Reaktion zu erzwingen. Je extremer aber ein Faktor wird, desto stärker überspielt er die anderen Faktoren und desto spezifischer wird seine Wirkung. Die Ergebnisse tendieren zur Exaktheit. Im Langzeitbereich dagegen wirken keine extremen Faktoren. Diese Aussage wird durch die variable

Reaktion der Tiere bewiesen. Verschiedene Faktoren können an verschiedenen Stellen ansetzen und nicht nur allein, sondern auch additiv oder multiplikativ zusammen wirken. Deswegen ist keine spezifische Wirkung vorhanden. Das bedeutet, daß die spezifischen in der Physiologie gewonnenen temperaturbezogenen Daten auf die Praxis nicht anwendbar sind. Das bedeutet aber gleichzeitig, daß die Variabilität im normalen Lebensbereich sich nicht in starr zu fassenden Grenzen ausdrückt und die Praxis bei oberflächlicher Betrachtung unexakt erscheinen läßt.

4. Literatur und Ergebnisse

Die Trennung von Physiologie und Praxis wurde im Kapitel über die Literatur dargestellt und in der Diskussion der Arbeitsergebnisse begründet. Die gelesene Literatur in Bezug auf die Behandlung des Zeitfaktors darzustellen, wäre zu umfangreich.

Die Adaptation ist eine notwendige Voraussetzung für Langzeitversuche. Für die Einteilung der Temperatureinwirkung in kurzfristige Einwirkung, langfristige Einwirkung und Nachwirkungen trägt die Forschung über die Adaptation sonst nichts bei und kann von der Literatur her ausgeklammert werden.

Ebenfalls nicht näher eingegangen wird auf die Abwägung der Erfolgsaussichten der einzelnen praktischen Maßnahmen. Wichtig ist dabei das Bestreben, im Sinne der experimentell erarbeiteten Verschiebung der Letalgrenze alle Faktoren günstig zu gestalten.

Die Variabilität praktischer Aussagen und die Unsicherheit, diese in einen logischen Zusammenhang zu bringen, soll an Hand der von STEFFENS (1964) beschriebenen Ostliteratur dargestellt werden.

In der Arbeit von KIRPITSCHNIKOW, MOSEWITSCH, PROTASOWA und BAUER (1960) wird nach STEFFENS (1964) nachdrücklich darauf hingewiesen, daß die Bedeutung des Temperaturfaktors

keineswegs geklärt ist. Teilweise sich widersprechende Ansichten sowjetischer Autoren werden einander gegenüber gestellt.

"Temperaturen von $0,5 - 1^{\circ}\text{C}$ sind offensichtlich gänzlich ungefährlich. Darauf weisen auch Ergebnisse von WIENIAWSKI (1957) hin. Kritisch scheinen erst niedrigere Werte zu werden. Manche Untersucher halten ein Absinken unter $0,3^{\circ}\text{C}$ für bedenklich, andere konnten beobachten, daß $0,2 - 1^{\circ}\text{C}$ gut vertragen werden, bzw. daß sich $0,2 - 0,5^{\circ}\text{C}$ günstig auf die Überwinterung auswirken, da die Karpfen dann ruhig stehen." (STEFFENS 1964).

KARFENKO, IWASIK und KOLAKOWSKAJA (1954) sind gegenüber GOLOWACW und AERCSOW (1952) unterschiedlicher Auffassung darüber, ob verlustreiche Sterben von K1 während der Überwinterung in der Ukraine primär durch Parasitenbefall oder durch Absinken der Wassertemperatur auf $0,1^{\circ}\text{C} - 0,2^{\circ}\text{C}$ hervorgerufen werden. Die schlechtgenährten K1 gingen dabei zuerst ein, während K2 nicht beeinflusst wurden.

STEFFENS (1964) gibt an, daß der Ernährungszustand immer wieder im Zusammenhang mit dem Temperaturfaktor genannt wird. Er faßt zusammen: "Versuchen wir, zu einer Schlußfolgerung zu kommen, dann können wir sagen, daß ein Absinken der Temperatur unter etwa $0,3^{\circ}\text{C}$ in den Wasserschichten, in denen sich die Karpfen aufhalten, zu Verlusten führen kann, aber nicht unbedingt zu führen braucht. Schlechtgenährte und kleine einsömmrige Karpfen scheinen besonders gefährdet zu sein, und außerdem muß angenommen werden, daß sich oftmals neben der starken Abkühlung auch andere negative Einflüsse geltend machen."

Einerseits wird, wie auch häufig bei anderen Autoren, das Zusammenwirken mehrerer Faktoren richtig erkannt. Andererseits werden einzelne Faktoren isoliert dargestellt, z.B., daß Temperaturen von $0,5^{\circ}\text{C}$ bis 1°C offensichtlich gänzlich ungefährlich wären. Diese Form der Aussage ist unstatthaft, weil im Langzeitbereich die Sterblichkeitsgrenzen durch ungünstige Faktoren verschoben werden. Der Ernährungs-

zustand der Fische wird als auffallender günstiger bzw. ungünstiger Faktor häufig beschrieben. Hier ist wieder die Grenzverschiebung zu erkennen: Bei sonst günstigen Faktoren (Ernährung z.B.) werden ungünstige Temperaturen ausgehalten, bei sonst ungünstigen Faktoren nicht. Diese Aussage ist wiederum nur für eine begrenzte Zeitspanne gültig.

Die experimentellen Untersuchungen der vorliegenden Arbeit sind zentral in diesen Problemkreis gestoßen und haben die Zusammenhänge zwischen der Temperatur und anderen Faktoren über einen verschieblichen Zeitfaktor nachgewiesen.

IV. Kritik der Versuche und weitere Versuchsmöglichkeiten

a) Kritik der Versuche

Die Fragestellung wandelte sich im Laufe der Arbeit. Da die Karpfen in der Natur weniger als 3 Monate lang Temperaturen von 2°C und darunter aushalten müssen, dienten die Sterblichkeitsunterschiede zunächst dem Vergleich, wie Karpfen bei verschiedenen Temperaturen überwintern.

Für die sich später ergebende Fragestellung der Verschiebung der Sterblichkeitsgrenze hätten die Versuche möglichst lange laufen sollen.

b) Weitere Versuchsmöglichkeiten

Im Langzeitbereich nützen nur breit angelegte, vergleichende Versuche. Dabei dürfen nur wenige Parameter abgeändert werden. Ein Versuchsprogramm mit sehr vielen Varianten ist allein dort sinnvoll, wo extreme Faktoren kurzfristig spezifische Leistungswerte hervorrufen.

Im Rahmen weiterer Versuche könnten Sterblichkeitskurven über etwa 6 bis 9 Monate verfolgt werden. Interessante Verhältnisse in Bezug auf die Aufspaltung der schädigenden Wirkung von 4°C und 2°C wären zu erwarten.

Versuche im Langzeitbereich könnten auch bei hohen Temperaturen durchgeführt werden. Hierbei würden allerdings Komplikationen in Verbindung mit der Fütterung auftreten, wie z.B. durch Wasserverunreinigung und Sauerstoffzehrung.

Weitere Versuche könnten speziell die Verschiebung von Sterblichkeitsgrenzen durch ungünstige Faktoren erfassen.

Wichtig wären weiterhin Arbeiten über den verzögerten Schock. Gruppen von Karpfen müßten an verschiedene Temperaturen adaptiert und in eine Endtemperatur gesetzt werden, oder von einer Adaptationstemperatur aus in verschiedene Endtemperaturen.

G Zusammenfassung
=====

- 1) Vor allem einsömmrige, aber auch zweisömmrige Karpfen wurden kurz- und langfristig konstanten und schwankenden Temperaturen ausgesetzt. Bei den Experimenten wurde in folgenden Temperaturbereichen gearbeitet: An der Hitzegrenze, bei $0,2^{\circ}\text{C}$ bis $4,4^{\circ}\text{C}$ und in flüssiger Luft.
- 2) Die Arbeit hatte zum einen die Aufgabe, Schäden zu beurteilen, die durch die Temperatur oder in Verbindung mit Temperaturen auftreten. Zum anderen sollte für die Teichwirtschaft eine für Karpfen schädliche, bzw. unschädliche Temperatur bestimmt werden.
- 3) Probleme lagen in der Variabilität der Naturerscheinungen, im Fehlen spezifischer Leistungswerte und in der Trennung von Methoden und Ergebnissen von Physiologie und Praxis.
- 4) Zentrale Bedeutung für die Lösung der Fragen und Probleme besitzt der Zeitfaktor.
- 5) Die Temperaturexperimente und die in der Natur in Verbindung mit Temperaturen auftretenden Erscheinungen sind nach dem Zeitfaktor einzuteilen in:
 - a) Kurzzeitbereich,
 - b) Langzeitbereich,
 - c) Nachwirkungen.
- 6) Gesetzmäßigkeiten wurden an Sterblichkeitskurven erarbeitet und stellten sich als grundlegend verschieden für die verschiedenen Zeitbereiche heraus:

- a) Wenn im Kurzzeitbereich etwas geschieht, dann überlagern extreme Faktoren die Möglichkeit einer variablen Reaktion der Fische. Spezifische Leistungswerte sind zu erwarten. Das bedeutet, daß die Methodik direkt an der Untersuchung dieser Leistungswerte ansetzen kann (Anwendung in der Physiologie). Im Kurzzeitbereich bedeutet die Beurteilung von schädlichen Einflüssen an Hand der Sterblichkeit eine grobe Methode, die durch feiner abgestufte Methoden zu ersetzen ist.
- b) Im Langzeitbereich konkurrieren mit der Temperatur mehrere Faktoren, denen gegenüber die Fische variabel reagieren. Der Temperaturfaktor nimmt außer der Tatsache, daß er besser quantitativ zu fassen ist, gegenüber den anderen Faktoren keine Sonderstellung ein. Durch die konkurrierenden Faktoren und deren mögliche additive und multiplikative Wirkung sind im Langzeitbereich außer der Sterblichkeit keine spezifischen Leistungswerte zu erwarten. Repräsentativ für das Zusammenwirken schädigender Einflüsse ist allein die Letalität. Die Untersuchungsmethode läuft darauf hinaus, unter sonst möglichst konstanten Bedingungen einen Faktor zu verändern und die Ergebnisse zu vergleichen (Anwendung in der Praxis).
- c) Die Todesursache nach Aufhören des primär schädigenden Einflusses ist entweder ersichtlich, z.B. bei Verfilzung, oder es treten keine deutlich sichtbaren Merkmale auf. In beiden Fällen ist eine schlechte Kondition mit beteiligt. Als Untersuchungsmethode kann hier wiederum allein der Vergleich angewendet werden.

- 7) Aussagen aus dem Kurzzeitbereich sind grundsätzlich nicht auf den Langzeitbereich zu übertragen.
- 8) Die unterschiedliche Schädlichkeit niedriger Temperaturen und die kombinierte Wirkung schädlicher Faktoren im Langzeitbereich wurde durch vergleichende Untersuchung der Wirkung verschiedener Temperaturen in mehreren Versuchen nachgewiesen:
- a) Zwischen $0,5^{\circ}\text{C}$ und 2°C tritt eher der Unterschied in der Sterblichkeit auf als zwischen 2°C und 4°C .
 - b) Der Zeitpunkt des Eintretens von Schädigungen ist nicht festgelegt, sondern wird durch zusätzliche ungünstige Faktoren vorverlegt, bzw. durch günstige Faktoren verzögert (zeitliche Verschiebung der Letalkurve).
- 9) Das bedeutet:
- a) Zahlenmäßig genau festgelegte Aussagen sind nur möglich für die Zeitspanne der Untersuchung und für die zu dieser Zeit herrschenden Bedingungen.
 - b) Absolute Aussagen, wie z.B.: "Eine Temperatur ist schädlich, eine andere unschädlich", oder: "Die Verunreinigung eines Flusses ist für die Fischhaltung unbedenklich", sind falsch.
- 10) Die Ergebnisse sind von grundlegender Bedeutung:
- a) Zur Einordnung der sich teils widersprechenden, teils aufeinander nicht anwendbaren Aussagen und Arbeiten über Temperaturfragen.
 - b) Zur methodischen Beurteilung experimenteller Möglichkeiten.
 - c) Zur Beurteilung und Verhütung von Schäden in der Praxis.
 - d) Zur Beurteilung subletaler schädigender Einflüsse.

H Literaturverzeichnis
=====

- ALTWÖDER, K.: Die Winterschäden in der bayeri-
schen Fischerei. Allg.Fisch.-Ztg.
88, 437 - 438 (1963).
- BANDT, H.J.: Über warme Abwässer.
Beitr. Wasser-, Abwasser-, Fische-
reichemie 1947, 55 - 62 (1947).
- BANK, O.: "Hungersterben" - Folge von Winter-
schäden. Fischbauer 9, 463 - 464
(1958).
- " Winterungsschäden.
Allg.Fisch.-Ztg. 90, 609 - 612
u. 638 - 640 (1965).
- BAILEY, R.M.: Differential mortality from high
temperature in a mixed population
of fishes in southern Michigan.
Ecology 36, 526 - 528 (1955).
- BÉRZINŠ, B.: Über temperaturbedingte Tierwande-
rungen in der Ostsee.
Oikos 1, 29 - 33 (1949).
- CHATURVEDI, R.N.: Death by cold of commercial carps
in Delhi. J. Bombay Nat. Hist. Soc.
61, 200 - 203 (1964).
- CRISP, D.J.: The effects of the winter of 1962/
1963 on the British marine fauna.
Helgol. wiss. Meeresunters. 10,
313 - 327 (1964).

- DANNEVIG, A.: The death of fish in very cold winters.
J. Cons. int. explor. mer 5,
194 - 196 (1930).
- DEMOLL, R.: Was ist ein Gift?
Münchener Beiträge zur Abwasser-,
Fischerei- und Flußbiologie 7,
11 - 17 (1960).
- DOUDOROFF, P.: Reactions of marine fishes to
temperature gradients.
Biol. Bull. 75, 494 - 509 (1938).
- EINSELE, W.: Kochsalzbäder zur Heilbehandlung
und zur allgemeinen Kräftigung von
Fischen.
Österreichs Fischerei 16, Heft 3/4
(1963).
- GALLOWAY, J.C.: Lethal effects of the cold winter
of 1939/40 on marine fishes at
Key West, Florida.
Copeia 2, 118 - 119 (1941).
- GOLOWKOW, G.A. u.
W.N. ABROSOW : neue Untersuchungen der Gründe für
das Sterben einschlammiger Karpfen
während der Winterung in den nörd-
lichen Bezirken. (Russisch).
Zool. J. 31, 128 - 138 (1952).
- GUNTHER, G.: Death of fishes due to cold on the
Texas coast, January, 1940.
Ecology 22, 203 - 208 (1941).
- HAMM, A.: Die Hitzeresistenz des Karpfens
mit und ohne Anpassung an höhere
Temperaturen.
Allg.Fisch.-Ztg. 89, 488 - 489 (1964).

- HOFMANN, J.: Was lehrt uns der Winter 1962/63 wegen der Überwinterung der Karpfen? Allg.Fisch.-Ztg. 88, 436-437 (1963).
- HJBBS, C.L.: Changes in the fish fauna of western North America correlated with changes in ocean temperature. J. mar. res. 7, 459 - 482 (1948).
- HUNTSMAN, A.G.: Death of salmon and trout with temperature. J. Fish. Res. Bd. Canada 5, 485 - 501 (1942).
- " Heat stroke in Canadian maritime stream fishes. J. Fish. Res. Bd. Canada 6, 476 - 482 (1946).
- JACKMAN, L.A.J. u. G.A. STEVEN: Temperatures and mackerel movements in the inshore waters of Torbay, Devonshire. J. Cons. int. explor. mer 21, 65 - 71 (1955).
- KARPENKO, I.M., IWASIK, W.M. u. O.P. KULAKOWSKAJA: Der Einfluß niedriger Wassertemperaturen auf die Überwinterung einsömmriger Karpfen. (Russisch). Fischwirtschaft 30, 39 - 40 (1954).
- KIRPITSCHNIKOW, W.S., MOSEWITSCH, N.A., PROTASOWA, W.I. u. O.N. BAUER: Die optimalen Lebensbedingungen in den Winterteichen für einsömmrige Karpfen, Amurwildkarpfen und deren Hybriden. (Russisch). Ber. Unionsgesellsch. Hydrobiol. 10, 52 - 85 (1960).

- KOCHS, W.: Über die Ursachen der Schädigung der Fischbestände im strengen Winter.
Biol.Zbl. 11, 498 - 508 (1891).
- LIEBMAN, H.: Handbuch der Fischwasser- und Abwasser- Biologie, Band II.
München 1958.
- LIETMANN, H.: Sicherheit der Überwinterung, besonders von K1, ist eine wesentliche Folge von Erfahrung, Beobachtung und Überlegung.
Allg.Fisch.-Ztg. 88, 629 - 630 (1963).
- " Praktisch durchführbare Wasserkontrollen unterstützen die bessere Überwinterung, besonders der K1.
Allg.Fisch.-Ztg. 89, 212 - 214 (1964).
- MAUREL, M.M. et LAGRIFFE: Action comparée de la chaleur et du froid sur certains poissons.
C. R. Soc. Biol. Paris 51, 915 - 918 (1899).
- MERLA, G.: Die Stückverluste bei Satzkarpfen im Wirtschaftsjahr 1961/62 im VEB Binnenfischerei Königswartha.
Dt.Fisch.-Ztg. 9, 375 - 379 (1962).
- MERLA, G. u. G. MICHLER: Die Winterverluste 1960/61 bei Satzkarpfen im VEB Binnenfischerei Königswartha.
Dt.Fisch.-Ztg. 9, 20 - 23 (1962).

- MILLER, S.M.: Mortality of fishes due to cold on the southeastern Florida coast, 1940.
Ecology 21, 420 - 421 (1940).
- MÜLLER, H.: Über die Sauerstoffverhältnisse unter Eis.
Z. Fisch. W. F. 6, 315 - 322 (1957).
- RÜMANN, W.: Kälteschocks als natürliche Ursachen periodisch auftretender Fischsterben im Bosporus.
Arch.Fischereiwiss. 8, 210 - 212 (1957).
- PRECHT, H.,
CHRISTOPHERSEN, J. u.
H. HENSEL: Temperatur und Leben.
Berlin, Göttingen und Heidelberg 1955.
- PRECHT, H.: Der Einfluß der Temperatur auf die Atmung und auf einige Fermente beim Aal (*Anguilla vulgaris* L.).
Biol.Zbl. 70, 71 - 85 (1951).
- REICHENBACH-KLINKE,
H.-H.: Kälteschäden bei Fischen.
Allg.Fisch.-Ztg. 92, 101 - 104 (1968).
- RINCKEY, G.R. u.
C.H. SALOMAN: Effect of reduced water temperature on fishes of Tampa Bay, Florida.
Quart. J. Fla. Acad. Sci. 27, 9 - 16 (1964).

- SCHÄPERCLAUS, W.: Fischkrankheiten.
Berlin 1954.
- SCHWEIZER, P.-H.: Thyristoren steuern Wechselströme.
Funkschau 1967, Heft 15,
461 - 462 (1967).
- SIMPSON, A.C.: Some observations on the mortality
of fish and the distribution of
plankton in the southern North Sea
during the cold winter.
J. Cons. int. explor. mer 19,
150 - 177 (1953).
- SMITH, W.C.: Effect of severe winter conditions
of 1946 - 47 on fish and lobsters
at Port Erin.
Ann. Rep. for 1945 - 1947 mar. biol.
stat. Port Erin. nos. 58 - 60,
pp. 30 - 35 (1948).
- STEFFENS, W.: Die Überwinterung des Karpfens
als physiologisches Problem.
Z. Fisch. N. F. 12, 97 - 153
(1964).
- STOREY, M. u.
E.W. Gudger: Mortality of fishes due to cold at
Sanibel Island, Florida, 1886 -
1936. Ecology 17, 640 - 648 (1936).
- Vaux, D.: Hydrographical conditions in the
southern North Sea during the cold
winter of 1946 - 1947.
J. Cons. int. explor. mer 19,
127 - 149 (1953).

WIENIAWSKI, J.:

Poszukiwanie przyczyn zimowych
ubytków narybku karpi w stawach.
Rocz. Nauk Rolniczych 72 B-2,
255 - 326 (1957).

WOODHEAD, P.M.J.:

The death of North Sea fish during
the winter of 1962/63, particularly
with reference to the sole, *Solea*
vulgaris.
Helgol. wiss. Meeresunters. 10,
283 - 300 (1964a).

"

Changes in the behaviour of the
sole, *Solea vulgaris*, during cold
winters and the relation between
the winter catch and sea temperatu-
res.
Helgol. wiss. Meeresunters. 10,
328 - 342 (1964b).

WOODHEAD, P.M.J. u.

WOODHEAD, A.D.:

The effects of low temperatures on
the physiology and distribution
of the cod, *Gadus morhua* L., in
the Barents Sea.
Proc. Zool. Soc. Lond. 133,
181 - 199 (1959).

WUNDER, W.:

Fortschrittliche Karpfenteichwirt-
schaft.
Stuttgart 1949.

"

Wie kann man die Erträge aus den
Karpfenteichen steigern?
Allg.Fisch.-Ztg. 78,
437 - 439 (1953).

WUNDER, W.:

Wie kann man die Erträge aus Karpfenteichen steigern? Auslese des besten Zuchtmaterials.

Allg.Fisch.-Ztg. 79, 105 - 108 (1954a).

"

Für den Teichwirt: Überwachung des Gesundheitszustandes und Fernhalten von Seuchen.

Allg.Fisch.-Ztg. 79, 166 - 167 (1954b).

"

Folgeerscheinungen schlechter Überwinterung beim Karpfen.

Allg.Fisch.-Ztg. 85, 129 - 131 (1960a).

"

Welche Vorteile bietet eine Besetzung der Karpfenteiche im Herbst?

Fischbauer 11, 545 - 546 (1960b).

"

Beobachtungen und Betrachtungen zur Überwinterung der einsömmrigen und zweisömmrigen Karpfen.

Fischbauer 13, 647 - 648 und 650 - 652 (1962).

"

Beobachtungen und Betrachtungen über die Überwinterung des Karpfens.

Allg.Fisch.-Ztg. 88, 151 - 154 (1963a).

"

Wie kann die deutsche Karpfenteichwirtschaft den großen Schaden des strengen Winters 1962/63 am besten überwinden?

Allg.Fisch.-Ztg. 88, 568 - 570 (1963b).

"

Flossenerfrüherungen beim Karpfen im Winterteich.

Allg.Fisch.-Ztg. 89, S.611 (1964a).

WUNDER, W.:

Starke Schädigung der Flossen und der Kiemen beim Karpfen durch Einwirkung häuslicher Abwässer im Winterteich.

Allg.Fisch.-Ztg. 89, 636 - 637 (1964b).

"

Schädigung von einsümmrigen Karpfen im Winterteich durch Ölabwässer.

Allg.Fisch.-Ztg. 89, 673 - 674 und 711 - 713 (1964c).

"

Plankton unter Eis im Teich und im Karpfendarm.

Allg.Fisch.-Ztg. 89, 394 - 395 (1964d).

"

Das Problem der Überwinterung des Karpfens. Vorschläge zur Behandlung der Fische vor, während und nach dem Winter.

Allg.Fisch.-Ztg. 91, 115 - 118 (1966).

"

Über die Schädigung der Fische durch Ölabwässer.

Allg.Fisch.-Ztg. 92, 314 - 317 (1967).

L e b e n s l a u f

Am 26. Juli 1939 wurde ich, Hans-bernd Schmeller, als Sohn des Bibliotheksrates Oskar Schmeller und seiner Ehefrau Hildegard, geb. Heuer, in Leipzig geboren.

Nach der Zeit von 1940 bis 1944 in Metz kamen wir nach Erlangen. Hier legte ich im Sommer 1958 das Abitur an der Obmoberrealschule ab. Vom Oktober 1958 bis zum April 1960 diente ich bei der Bundeswehr und wurde als Leutnant d. R. entlassen.

Im Sommersemester 1960 immatrikulierte ich mich an der Universität Erlangen-Nürnberg als Student der Naturwissenschaften. Vom Sommersemester 1964 bis zum Sommersemester 1969 war ich Doktorand bei Herrn Prof. Dr. W. Wunder.



Buchdruckerei Ludwig Müller Erlangen Fahrstraße 5